

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ПЕРШАКОВ ВАЛЕРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 624.072.33

**СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТИПІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ З НЕСУЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ
ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

**Науковий
консультант:**

доктор технічних наук, професор
Барашиков Арнольд Якович,
Київський національний університет будівництва
і архітектури МОНмолодьспорту України (м. Київ),
завідувач кафедри залізобетонних та кам'яних
конструкцій

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Городецький Олександр Сергійович,
Науково-дослідний інститут будівельного виробництва
(м. Київ), головний науковий співробітник

доктор технічних наук, професор
Давиденко Олександр Іванович,
Державний науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій (м. Київ), завідувач відділу несучих
конструкцій будівель і споруд

доктор технічних наук, доцент
Лапенко Олександр Іванович,
Національний авіаційний університет МОН –
молодьспорту України (м. Київ), завідувач кафедри
комп'ютерних технологій будівництва

Захист відбудеться 18 травня 2012р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.04 Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд 319.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий 9 квітня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент



Д. В. Михайловський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах глобалізації світової економіки, яка веде до вільного переміщення інформації, фінансових капіталів, ресурсів, одним із найважливіших питань капіталовкладень у нові інвестиційні проекти є їх найвигідніше використання у будівництві. Економічний ефект може бути досягнутий за рахунок нових конструктивних рішень каркасів будівель з ефективними витратами бетону, сталі залізобетонних рамних систем змінного перерізу.

Актуальність роботи полягає у вирішенні важливої проблеми проектування та будівництва каркасних будинків із залізобетонних рам змінного перерізу у напрямку зниження енергетичних витрат на експлуатацію і витрат матеріалів за рахунок створення економічних каркасів маломатеріаломістких будівель.

Застосування тришарнірних залізобетонних рам для каркасів будинків різного призначення дозволяє ефективно використовувати внутрішній об'єм приміщень, підвищити рівень індустріалізації будівництва, скоротити термін і знизити ціну будівництва. Каркасні будинки прольотом 12, 18 і 21м з тришарнірних залізобетонних рам знаходять також широке застосування для зальних приміщень сільських громадських будівель і споруд аеродромних комплексів сільгоспавіації.

У зв'язку з цим актуальною проблемою є розробка ефективних рішень і методів розрахунку каркасних будівель з тришарнірних залізобетонних рам для будівництва сільськогосподарських промислових будинків, зальних приміщень сільських громадських будівель і споруд аеродромів сільгоспавіації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація містить результати досліджень автора в області формоутворення ефективних конструктивних форм залізобетонних каркасів будівель та узагальнення теорії розрахунку за міцністю, стійкістю, жорсткістю та тріщиностійкістю рамних каркасів змінного перерізу. Дисертація виконувалася в 1976-2011рр. в рамках багатьох держбюджетних та госпдоговірних тематик, в яких автор був науковим керівником, відповідальним виконавцем, автором та співавтором окремих розділів усіх робіт. Остання наукова держбюджетна тема 667-БД10 «Методологія реконструкції об'єктів аеропортів в складних інженерно-геологічних умовах України» (номер держреєстрації 0110U000220). Авторський внесок об'єднує: створення наукових основ формоутворення з визначення ефективних розмірів рамних конструкцій; узагальнення методик проектування та розрахунку залізобетонних каркасів малоенергомістких будівель з використанням ефективних елементів постійного і змінного перерізів; постановку головних задач; проведення теоретичних, а також експериментальних досліджень натурних зразків залізобетонних конструкцій рам.

Мета та наукові задачі досліджень. Метою роботи є експериментальне дослідження, теоретичне узагальнення, розвиток теорії розрахунку за міцністю, стійкістю, деформаціями і тріщиностійкістю та конструювання ефективних

залізобетонних рамних каркасів маломатеріаломістких будівель змінного перерізу.

Поставлена мета досягається розв'язанням наступних **наукових задач**:

1. Розвинути і вдосконалити методи розрахунку міцності, стійкості, жорсткості і тріщиностійкості рамних конструкцій, а також методика визначення ефективних геометричних розмірів несучих залізобетонних рам змінного перерізу за допомогою програмного комплексу ЛПРА.
2. Розробити новий спосіб виготовлення ефективних за витратами бетону та сталі рам змінного перерізу та відповідні конструктивні форми елементів. Створити нові конструктивні рішення рамних каркасів змінного перерізу, які відповідають сучасним вимогам на рівні винаходів.
3. Встановити закономірності впливу генеральних розмірів ефективних рам (прольоту, висоти, кута нахилу і форми ригеля, ступінь змінності перерізу) на значення M , N , Q стояків та ригелів рам.
4. Експериментально визначити міцність, стійкість, жорсткість і тріщиностійкість у натурних тришарнірних залізобетонних рам прольотом 12, 18 і 21м з використанням різних методик випробувань.
5. Створити ефективні одно і багатопрольотні рамні конструкції зменшеної матеріаломісткості.
6. Створити ефективні типи конструкцій покриттів, стін і фундаментів.
7. Визначити раціональні області застосування каркасних будівель в рамних конструкціях.
8. Залучити ефективні рамні конструкції в практику проектування, реконструкції та будівництва, а також в нормативні документи.

Об'єкт досліджень. Залізобетонні конструкції рамних каркасів будівель із прямокутних, таврових та двотаврових елементів зі змінним перерізом.

Предмет досліджень. Узагальнені ефективні розміри елементів рамних залізобетонних каркасів маломатеріаломістких будівель; міцність, стійкість, деформативність, тріщиностійкість, напружено-деформований стан залізобетонних рам та їх елементів прямокутного, таврового та двотаврового змінного перерізу.

Методи досліджень. Методи будівельної механіки при розрахунку залізобетонних конструкцій щодо визначення ефективної конструктивної форми рам. Методи математичного моделювання напружено-деформованого стану ригелів та стояків рам змінного перерізу за допомогою ПК ЛПРА. Експериментально-теоретичні методи дослідження натурних залізобетонних конструкцій рам.

Наукова новизна.

1. Вперше розроблені методики для проведення натурних експериментальних досліджень напружено-деформованого стану рамних конструкцій прольотом 12, 18, 21м та побудовані і використані установки для проведення експерименту.
2. Вперше на основі широкого комплексу натурних експериментальних досліджень отримані результати за міцністю, стійкістю, жорсткістю, тріщиностійкістю

та напружено-деформованого стану тришарнірних залізобетонних рам прольотом 12, 18 і 21м.

3. Проведено удосконалення методики розрахунку міцності, стійкості, жорсткості, тріщиностійкості та напружено-деформованого стану однопрольотних, багатопрольотних та просторових рамних каркасів з тришарнірних залізобетонних рам прольотом 12, 18 і 21м на основі чисельного експерименту програмного комплексу ЛПРА з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності залізобетону.

4. Вперше встановлені закономірності впливу на напружено - деформований стан рами особливості конструкцій вузлів рам, конструктивних характеристик поперечного перерізу, характер армування, вид статичної схеми, нерівномірних осідань опор, вплив стягтя, величини прольоту, висоти стояка, кута нахилу ригеля, деформованої схеми рами тощо.

5. Вперше розроблені за 17 авторськими свідоцтвами конструкції залізобетонних рам та їх вузлів (карнизних, гребневих і опорних), конструкцій фундаментів, стінових панелей, плит покриття, способи виготовлення елементів рам і спосіб зведення рамного каркасу.

6. Розроблені і науково обґрунтовані уніфікований сортамент 24 марок суцільних та складених піврам, які дозволяють в невеликій кількості металоформ виготовити всю номенклатуру рам.

7. Розроблена нова методика оцінювання економічності рамних конструкцій, яка забезпечує найменшу вартість.

Практичне значення результатів роботи міститься у наступному:

- результати досліджень залученні при розробленні індивідуальних, повторно використаних та типових проектів рамних конструкцій, які затверджені постановами Держбуду України;
- результати досліджень використані при будівництві сільськогосподарських будівель, зальних приміщень сільських громадських будівель та будівель і споруд аеродромів сільгоспавіації;
- залученні у навчальному процесі НАУ при викладанні курсів «Будівельні конструкції», «Залізобетонні та кам'яні конструкції», у підручнику, у навчальних посібниках, у підготовці спеціалістів, магістрів та аспірантів;
- визначенно раціональні області застосування каркасних будівель з тришарнірних залізобетонних рам для народного господарства України;
- розроблено методи досліджень рам на заводах залізобетонних конструкцій за допомогою важілевої системи з навантаженням штучними вантажами;
- удосконалено програми з розрахунку рам на ПК ЛПРА – розроблено кінцевий спеціальний елемент, який моделює гребневий вузол, та алгоритм побудови матриці жорсткості стержня, змінного по довжині перерізу.

Результати досліджень реалізовано в нормативних документах, в технічних умовах, в методичних рекомендаціях, каталогах в системі колишніх Укрміжколгоспбуду, Мінсільбуду, МЦА СРСР, а також опублікованих в 3 монографіях, в 17 а.с. на нові конструкції рам, покриття, фундаментів, в 59 статтях, матеріали яких отримали упровадження в практику проектування інститутів

Укрколгоспроект, УкрНДІДіпросільгосп, УкрНДІпроцивільсьсьбуд, Аэропроект та інших організацій.

У відповідності до плану упровадження нової техніки Укрміжколгоспбуду, Мінсьльбуду України *побудовано 9,85 млн. м² промислових будівель в рамних конструкціях*. Використання результатів досліджень дало можливість отримати наступний *фактичний економічний ефект за 1972-1985 рр.: економія металу - 13,6 тис. т.; економія цементу - 66,2 тис. т.; скорочення трудовитрат - 148,1 тис. люд.-днів; від використання результатів роботи у проектуванні - 0,412 млн. крб., у будівництві - 2,910 млн. крб., в 5 нормативних документах*.

Достовірність наукових положень методик, результатів, висновків і рекомендацій підтверджується: обґрунтованістю прийнятих апробованих вихідних передумов, що ґрунтуються на фундаментальних основах будівельної механіки, теорії пружності, опору матеріалів; задовільним співпадінням даних досліджень окремих задач з ефективного проектування залізобетонних рам з науковими результатами інших вчених; близьким узгодженням результатів напружено-деформованого стану рамних елементів з таврів змінного перерізу з даними, які отримані при використанні ПК ЛПРА; достовірність також підтверджена при випробуванні натурних рамних конструкцій.

Особистий внесок здобувача. Наукові положення дисертаційної роботи отримані автором самостійно відповідно до основних публікацій, в яких власне автору належить: постановка і вирішення наукової проблеми проектування ефективних конструкцій рамних залізобетонних каркасів маломатеріаломістких будівель; узагальнення методики з розрахунку за міцністю, жорсткістю та тріщиностійкістю однопрольотних, багатопрольотних та просторових рамних конструкцій будівель з тришарнірних залізобетонних рам таврового змінного перерізу з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності за програмним комплексом ЛПРА; встановлення закономірності впливу на напружено-деформований стан рами особливостей конструкцій вузлів рам, поперечного перерізу, характеру армування, виду статичної схеми, нерівномірних осідань опор, стягтя, величини прольоту, висоти стояка; розроблені методики і установки для проведення натурних експериментальних досліджень напружено-деформованого стану рамних конструкцій прольотом 12,18,21 м.; створення нових способів виготовлення, армування, конструювання та монтажу піврам за 8 а.с., а також нових конструкцій покриттів, ферм, стінових панелів, фундаментів за 9 а.с.; авторська розробка альбомів робочих креслень (залізобетонні таврові прогони ПЖТ прольотом 5,5 і 6,0 м, залізобетонні піврами РЖк-21-1600 за а.с., багатопрольотні складені залізобетонні піврами МРЖС-21-1600, складені керамзитобетонні піврами РЖк-21-1800 за а.с. для виробничих сільськогосподарських будинків прольотом 21м, затверджених Держбудом України, конструкції стінових панелів без вертикального армування, робочий проект «Дитячий плавательний басейн зі спортзалом» в м. Коростишеві з використанням рамних конструкцій); участь в дослідженнях та комплексів заходів з упровадження конструкції 24 типорозмірів суцільних і складених піврам РЖ і РЖС за а.с. для виробничих сільськогосподарських будинків прольотом 18, 21м, з яких 5 типорозмірів використані при будівництві зальних приміщень сільських громадських будівель і

споруд аеродромів сільгоспавіації; удосконалення установки та методики проведення експериментальних досліджень міцності, жорсткості та тріщиностійкості рамних конструкцій на заводах залізобетонних виробів та конструкцій з аналізом результатів; участь в дослідженнях та упровадження конструкції полегшених паль СВД з вертикальних елементів, об'єднаних діафрагмами; розробка нової методики з проектування економічних залізобетонних конструкцій; впровадження рамних конструкцій в нормативні документи, каталоги, в проектування, реконструкцію та будівництво.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати дисертації обговорювались на таких семінарах і конференціях: Реализация научн.-техн. достижений – основа совершенствования сельского строительства (Ростов-на-Дону, СевкавНИПИАгропром, 1986г.). Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформации и их внедрение в строительную практику (Полтава, 1989г.). VI нац. конгрес по теоретической и прикладной механике (Болгария, Варна, 1989 г.). Современные проблемы развития наземной базы ГА (Москва, Аэропроект, 1989 г.). Zeszyty naukowe politechniki rzeszowskiej. Budownictwo i Inzynierid Srodowiska. Z.10. № 63; Z.12. № 80 (Polska, Rzeszow, 1990 г., 1991 г.). Научн.-техн. конференції університету за 1993 г., 1994 р., 2000 р. (Київ, КМУГА, 1994 р., 1995 р., НАУ, 2001 р.). V Міжнародна наук.-техн. конференція Авіа-2003. Аеропорти та їх інфраструктура (Київ, НАУ, 2003 р.). Сьогодення та перспективи підготовки військових спеціалістів (Київ, НАУ, 2004 р.). Совершенствование методов расчета, конструирования, строительства, эксплуатации и ремонта высотных сооружений (Київ, УкрНДПСК, 2005 р.). Концепція формування функціонально-планувальної і економічно обґрунтованої моделі організації бізнес-центрів аеропортів, Авіа-2006 (Київ, НАУ, 2006 р.). Strengthening concrete structures using fibre composite materials, Авіа-2007 (Київ, НАУ, 2007 р.). Аеропорти – вікно в майбутнє (Київ, НАУ, 2009 р., 2010 р., 2011 р.). Проектування рамних каркасів зальних приміщень сільських громадських будівель. Будівельні конструкції спортивних та просторових споруд: сьогодення та перспективи розвитку (Київ, УкрНДПСК, 2010р.). Положення дисертації докладалися та обговорювалися на щорічних конференціях НАУ (1983–2010 рр.), на наукових семінарах кафедри комп'ютерних технологій будівництва (1985–2011 рр), кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів (2011 р.) НАУ, в повному обсязі дисертація доповідалась на кафедрі ЗБіКК КНУБА (2010 р.).

Публікації. За темою дисертації автором надруковано 59 основних наукових робіт, у тому числі 3 монографії та 32 публікації у фахових виданнях, внесених до переліку МОНмолодьспорту України, а також у відомих наукових виданнях, які прирівняні до публікацій у фахових виданнях.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, 7 додатків. Дисертація викладена на 588 сторінках, у тому числі 347 сторінок основного тексту, 43 сторінки з таблицями (116 табл.), 165 сторінок з рисунками (337 рис.), 37 сторінок списку літератури, 241 сторінка додатків.

В проведенні експериментальних досліджень, відмічених в роботі і безпосередній участі автора, а також при запровадженні нових рамних конструкцій брали активну участь: Попович Г. О., Пекус-Сахнівський Д. М., Дроб'язко Л. Є., Сандубра В. В., Шик І. Л., Смирнова М. Г., Ярін Л. М., Єськов В. С., Мангушев А. І., Носов Г. М., Дудник А. М., Гаращенко І. І., Барашиков А. Я., Доброхлоп Н. І., Климов Ю. А., Набойченко В. Г., Проценко К. І., Пінчук В. Я., Любченко І. Г., Сапожников Є. В. та ін. Автор вважає своїм обов'язком висловити велику подяку науковому консультанту проф. Барашикову А. Я., проф. Белятинському А. О., проф. Білику С. І. за допомогу, цінні поради та зауваження при підготовці розділів дисертації.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі сформульовано науково-технічну проблему, пов'язану з необхідністю узагальнення і розвитку нових наукових положень проектування рамних залізобетонних каркасів малоенергоємних будівель та визначення особливостей їх напружено-деформованого стану при розрахунках на міцність, стійкість, жорсткість та тріщиностійкість при використанні ефективних таврових змінних перерізів. Обґрунтована актуальність теми роботи. Наведено перелік задач, які необхідно розв'язати у вибраному напрямку роботи, новизна та практичне значення їх розв'язання, предмет та об'єкт досліджень, мету та методи досліджень, зв'язок теми дисертації з науковими програмами, подана загальна інформація про роботу та її апробацію.

Перший розділ присвячено огляду та аналізу досягнень у напрямках розвитку теоретичних методик розрахунку та конструюванню будівель із залізобетонним рамним каркасом. Визначені основні тенденції у використанні залізобетонних каркасів будівель різного призначення, проаналізовано основні підходи щодо їх ефективного проектування, виготовлення та використання.

Значний вклад у розробку і розвиток теорії розрахунку за міцністю, стійкістю, деформативністю та тріщиноутворенню каркасів будівель, у виявленні дійсного напружено-деформованого стану конструкцій, оптимального їх проектування зробили вчені, які провели фундаментальні дослідження: Байков В. М., Баженов В. А., Бамбура А. М., Барашиков А. Я., Барабаш М. С., Бердичевський Г. І., Білик С. І., Вахненко П. Ф., Верюжский Ю. В., Власов В. З., Голишев А. Б., Городецький А. С., Давиденко О. І., Доброхлоп Н. І., Дроб'язко Л. Є., Єськов В. С., Журавок В. І., Карпенко М. І., Калишенко М. М., Климов Ю. А., Корноухов А. В., Колчунов В. І., Лапенко О. І., Лізунов П. П., Лопатто А. Я., Любченко І. Г., Майборода В. Ф., Мангушев А. І., Мелер А. П., Набойченко В. Г., Назаренко В. Г., Немчинов Ю. І., Нисенбойм О. Б., Пекус-Сахновський Д. М., Писаренко Г. С., Піскунов В. Г., Плоский В. О., Прицкер А. Я., Попович Г. О., Поляков Л. П., Рабинович І. М., Репях В. І., Рейтман М. І., Ржаницин А. Р., Сергейчук А. Ф., Сигалов Э. Б., Складнев М. М., Слюсаренко С. М., Стороженко Л. І., Снитко Н. К., Тимошенко С. П., Усаковський С. Б., Хило Е. Р., Цихановський В. К., Шандрук П. П., Шик І. Л., Шмалько В. А., Ярін Л. І., Костанди Ф. Ф., Мажид К. І., Мелер А., Нгуен Чунг Хоа., Негрин Ернандес Алексис., Liu Longuan, Maccduff Y. N., Felgar R. P., Laslo K. A., Podgorecki A., Przedpinski J., Kosko E. та ін.

Аналіз розглянутих конструктивних рішень показав, що рамні залізобетонні конструкції у нашій країні і за кордоном широко застосовують при будівництві

промислових, виробничих та громадських споруд. Усього було розглянуто і проаналізовано 5 закордонних конструкцій рам; 47 конструкцій рам та 15 винаходів країн СНД.

Каркасні споруди з тришарнірних рам відрізняються застосовуваними прольотами, поздовжніми кроками рам, висотами стояків, нахилами ригелів, армуванням, класом бетону та інш. показниками, що не відповідає вимогам єдиної модульної системи та уніфікації габаритних схем сільськогосподарських споруд.

Найбільш економічними за витратами бетону та сталі порівняно з конструкціями стояково-балкової системи є залізобетонні тришарнірні рами таврового перерізу прольотом 18 та 21м. Таврова форма поперечного перерізу ригелів і стояків є найбільш економічною за матеріаломісткістю у порівнянні з прямокутним перерізом.

Аналіз розглянутих конструктивних рішень дозволяє сформулювати мету та основні задачі досліджень, які спрямовані на розв'язання актуальної науково-технічної проблеми. Вдосконалення конструктивних рішень будівель із застосуванням рамних конструкцій слід розглядати і вирішувати як одну з найважливіших задач технічного прогресу в сільськогосподарському будівництві.

У **другому розділі** наведено теоретичне обґрунтування основних принципів проектування малоенергомістких будівель із ефективними залізобетонними рамними каркасами.

Аналіз статичної схеми рамного каркасу будинку дозволив зробити вибір і обґрунтування переваги тришарнірної рами у порівнянні з безшарнірною, одно і двохшарнірною рамами. Тришарнірні рами менш чутливі до нерівномірних осідань. При шарнірному з'єднанні можлива незалежна типізація ригелів та стояків. Тому для подальшого аналізу використано тришарнірну раму. Проведений вибір і обґрунтування об'ємно-планувальних і конструктивних рішень рамних каркасів будинків показує, що найменш матеріаломісткими і найбільш ефективними конструкціями є залізобетонні рами прольотами 18м і 21м із кроком 6м і висотою стояка 3,3 і 3,6м.

Проведено дослідження за спеціальною програмою впливу прольоту рам 9, 12, 15, 18, 21 і 24 м на зусилля М, N, Q при висоті стояка рами 3,6 м, куті нахилу ригелів рами 25° (рис. 1).

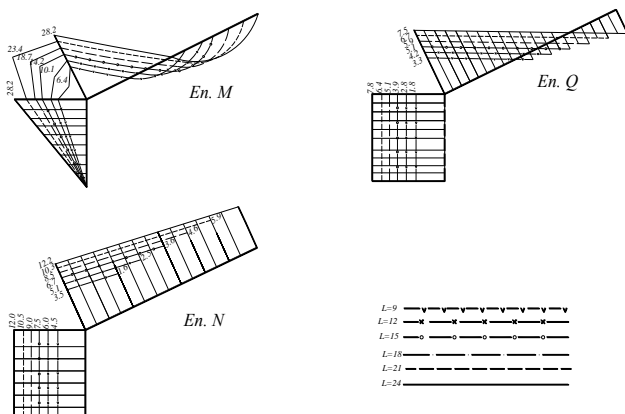


Рис. 1. Вплив прольоту рам на зусилля М, N, Q (при $H = 3.6$ м; $\alpha = 25^\circ$)

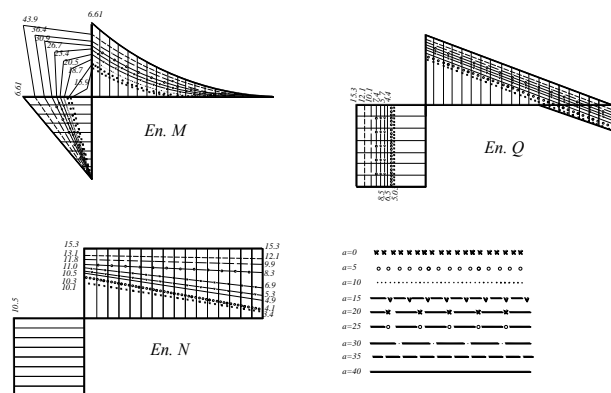


Рис. 2. Вплив нахилу ригеля рам на зусилля М, N, Q (при $L = 21$ м; $H = 3.6$ м)

Встановлено, що збільшення прольоту рами з 9 м до 24 м призводить до збільшення моменту в карнизному вузлі в 4,4 рази, нормальної сили в 3,4 рази і в 2,3 рази поперечної сили. Виявлено, що збільшення висоти стояка рам з 3,3 до 6,0 м при постійних значеннях прольоту 21 м і куті нахилу ригеля 25° призводить до збільшення моменту в 1,36 рази, нормальної сили в 1,17 рази і поперечної сили в 1,09 рази. Встановлено, що збільшення кута нахилу ригеля рам від 0° до 40° при постійних значеннях прольоту 21 м і висоти стояка 3,6 м призводить до зменшення моменту в 3,45 рази, нормальної сили в 1,52 рази і поперечної сили в 2,06 рази (рис. 2).

Таким чином, рамний поперечник з ламаним контуром ригеля є ефективною схемою будівлі, що дозволяє забезпечити необхідний транспортний габарит. Варіюючи параметрами висоти стояків рами, кутами нахилу карнизних елементів, отримано ефективну конструктивну систему будівлі з несучими залізобетонними рамами. Крім того є можливість, використовуючи елементи змінного перерізу, досягати ефективного розподілу матеріалу по довжині конструкції.

Прийняті величини прольотів каркасів будівель: 12, 18 і 21 м підтверджуються досвідом масового проектування і будівництва каркасних будівель для сільського господарства. У таких каркасних будівлях може бути використаний один тип покриття. Нахил ригеля піврам прийнятий 0,25 або 1:4, що передбачає просте в улаштуванні і надійне в експлуатації вентильоване покриття з використанням азбестоцементних листів.

Обґрунтування розрахункових схем навантажень і удосконалення методики розрахунку тришарнірних рам для каркасних будинків за міцністю, жорсткістю, тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми, геометричної і фізичної нелінійності проведено за програмним комплексом ЛІРА. Загальний алгоритм розрахунку рамного каркасу містить такі етапи: призначення розрахункової схеми; збір та визначення навантаження (рис. 3, 4, 5); статичний розрахунок рами як пружної системи; виявлення небезпечних комбінацій навантажень; корегування значень зусиль з урахуванням деформованої схеми рами; розрахунок за I і II групами граничних станів.

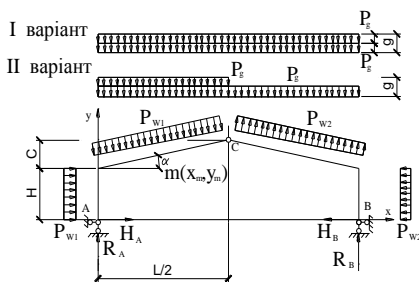


Рис. 3. Розрахункова схема тришарнірної рами

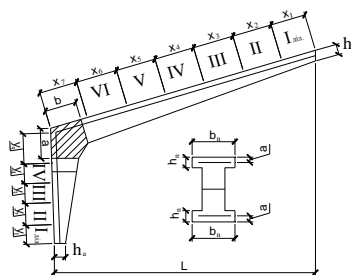


Рис. 4. До розрахунку тришарнірної рами

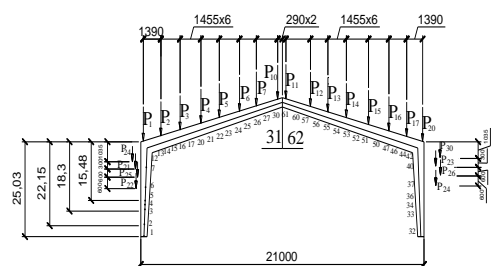


Рис. 5. Розрахункова схема прикладання одиничного навантаження до рами

При чисельному дослідженні ураховано нелінійні залежності між напруженнями і деформаціями, зумовленими зміною форми конструкції (геометрична нелінійність) і явищами пластичності, повзучості і усадки (фізична нелінійність). Розв'язування задач проведено за такими етапами: призначення вузлових точок, в яких визначають вузлові переміщення; розділення системи на скінчені елементи;

побудова матриць жорсткості; формування системи канонічних рівнянь; розв'язування системи рівнянь і розрахунок вузлових переміщень; визначення компонентів напружено-деформованого стану даної системи за знайденими значеннями вузлових переміщень.

Рами розраховували на всі види навантаження: постійне, тимчасове, тривале, короткочасне снігове і вітрове. Розрахункова довжина ригеля і стояка рам визначається з урахуванням опорних і гребневих шарнірів, змінною висотою перерізу по довжині елементів рами, наявності сухого стику спряження ригеля зі стояком тощо. До впливу прогину позацентрово стиснутих елементів ураховано ексцентриситет із коефіцієнтом η відповідно до деформованої схеми конструкції.

При розрахунку тришарнірних залізобетонних рам ураховували фізичну і геометричну нелінійність роботи конструкцій, а саме, вплив прогинів ригелів і стояків під навантаженням.

Перевірка перерізів, нормальних до вісі елемента, при дії стиснення проводили за двома розрахунковими випадками. При виконанні умови

$$x < \xi_R h_o \quad (1)$$

де x – висота стиснутої зони бетону, h_o – робоча висота,

$$\xi_R = \min[0,7(1000 - 1,5R_b)/(850 + 0,1 R_s)] \quad (2)$$

маємо 1 випадок стиснення, у противному випадку – 2 випадок стиснення.

У першому випадку стиснення перевірку проводять за формулою

$$Ne \leq R_b S_b + R_{sc} A'_s. \quad (3)$$

При цьому положення нейтральної вісі визначають з умови

$$R_b A_b = R_s A_s - R_{sc} A'_s + N. \quad (4)$$

Стиснуту арматуру ураховують в умовах (3) і (4) при $Z_b < Z_s$. Якщо умови (3,4) не виконуються, перевірку проводять за умовою

$$Ne \leq (R_s A_s + N) Z_s \quad (5)$$

Якщо виконується умова $Z_s \leq Z_b$, де Z_b – відстань між рівнодіючої зусиль в розтягнутої арматурі і в стиснутої зони бетону, яка визначена без участі стиснутої арматури, то перевірку проводять за умовою

$$Ne \leq (R_s A_s + N) Z_b \quad (6)$$

При другому випадку стиску перевірку проводять за умовою

$$Ne \leq R_b S_b + R_{sc} S_s; \quad (7)$$

$$S_b = S - (S - S_{zp})[(e - e_u)/(e_{zp} - e_u)]^2, \quad (8)$$

де S_{zp} – статичний момент площі граничної стиснутої зони бетону A_b при висоті $x = \xi_R h_o$ відносно осі, яка проходить через центр ваги арматури A_s ; S_b – статичний момент площі перерізу бетону відносно тієї ж осі; e_u – відстань від центру стиску (точці прикладення рівнодіючої стиснутих зусиль в бетоні і в арматурі) до центру ваги арматури A_s

$$e_u = (R_b S + R_{sc} S_s) / [R_b A + R_{sc} (A_s + A'_s)] \quad (9)$$

e_R – відстань від точки прикладення рівнодіючої внутрішніх зусиль в перерізі, яка відповідає граничній стиснутої зони бетону до центра ваги арматури A_s

$$e_R = (R_b S_{zp} + R_{sc} S_s) / [R_b A_{zp} + (R_{sc} A'_s - R_s A_s)]. \quad (10)$$

Якщо $e_R > 2h_o$ або $e_R < 0$, тоді S_b визначають за формулою (8) з заміною e_R на $2h_o$; якщо $e_R \geq 2h_o$, то приймається $S_b = S_R$.

Граничне теоретичне значення рівномірно розподіленого навантаження визначають розв'язування рівняння

$$N^2/2 R_b b + N(\alpha - h_o + \beta / R_b) + \beta (\beta / 2 R_b b - h_o - \gamma) = 0, \quad (11)$$

де N – граничне значення вертикальної складової опорної реакції; b – ширина стиснутої зони бетону в перерізі піврами; α – ексцентриситет поздовжньої сили відносно центра ваги розтягнутої арматури у перерізі; $\beta = R_s(A_s - A'_s)$; $\gamma = R_{sc} A'_s(h_o - a)$.

З наведеного рівняння значення N використовували у виразі $q_{\text{теор}} = 2N/l$, де $q_{\text{теор}}$ – теоретичне значення граничного рівномірно розподіленого навантаження; l – розрахунковий прольот тришарнірної рами.

Відповідність обчислених значень $q_{\text{теор}}$ граничним дослідним $q_{\text{дос}}$ показує, що рами досягли граничного стану за навантаженнями, які відповідають обчисленим, що підтверджує правильність прийнятої методики розрахунку рам. Підтвердженням слугує теоретичне визначення (за нормативним значенням міцності бетону $R_b = 30$ МПа) значення величини $\sigma_s^{\text{дос}}$, при якому коефіцієнт σ будет дорівнювати 1,4 (рис. 6).

Залежність несучої здатності рам таврового перерізу (для рами РЖС-21-1600) від міцності бетону, яка визначена розрахунком при нормативному опорі арматурної сталі $R_s^H = 400$ МПа показує, що руйнування рам може проходити також і внаслідок роздроблення бетону (рис. 7).

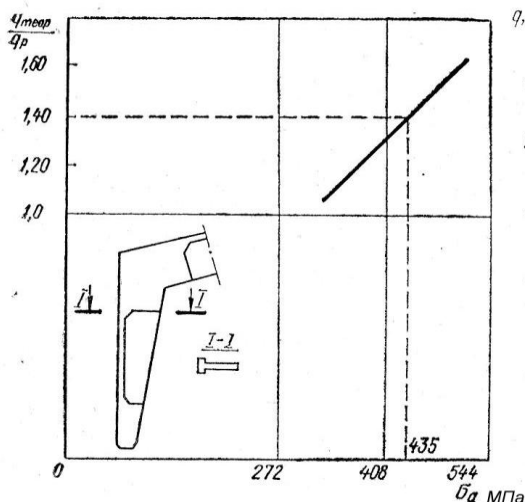


Рис. 6. Залежність несучої здатності рам від величини опору поздовжньої арматури по перерізу 1-1

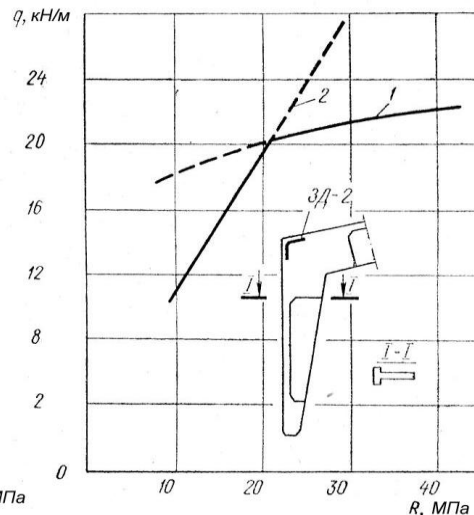


Рис. 7. Залежність несучої здатності рам від міцності бетону конструкції: 1- за перерізом 1-1; 2- під закладної деталлю

З метою вибору ефективного варіанту перерізу конструкції рами проведено порівняльний аналіз епюр моментів трьох варіантів рам. Порівняння вартості витрат на виготовлення піврам таврового (складені й суцільні) і прямокутного перерізів показує, що при майже рівній вартості й витратах на їх виготовлення (включаючи укрупнювальне збирання), рами таврового перерізу вигідно відрізняються від прямокутних за масою (62 %), вартістю транспортування (48%), а також за пропарюванням (58 %) і електроенергією (57 %) на їх виготовлення.

Порівняння максимальних значень моментів, поперечних і поздовжніх сил у тавровому перерізі рами свідчить, що відповідно по M_y на 25.7 %, по Q_z на 24.3 %, по N на 38.97 % менші максимальних зусиль для прямокутного перерізу (рис.8).

Таким чином, найбільш ефективним варіантом є тавровий переріз, усі величини зусиль якого значно відрізняються від максимально отриманих.

Зроблена оцінка впливу осідання фундаментів на напружено деформований стан двопрольотної рами. Встановлено, що осідання фундаментів стояків двопрольотної рами на 10мм впливає на напружено-деформований стан M_y , N , Q_z у межах 3 % (рис. 9).

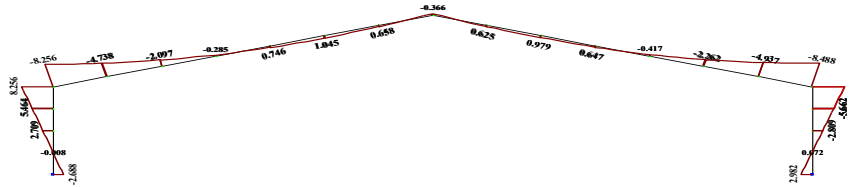


Рис. 8. Епюра згинальних моментів

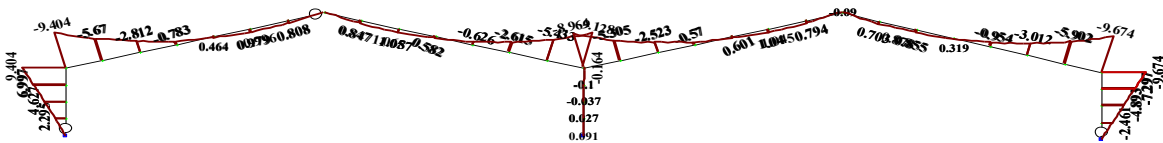


Рис. 9. Епюра згинальних моментів M_y

Вплив розміщення по висоті стягя на напружено-деформований стан рами. Для дослідження використовували залізобетонну раму з прольотом 21 м та змінним по висоті тавровим перерізом. За напружено-деформованим станом проаналізовано зусилля в тришарнірної та одношарнірної рамах. Розглянуто п'ять варіантів: рама без стягя та чотири варіанти встановлення стягя по висоті, а саме на відмітках +0.000, +1.650, +3.300, та 4.150 (рис. 10).

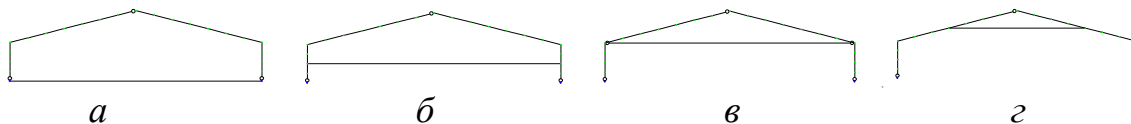


Рис.10. Розташування стягів по висоті рами:

a – стягя на рівні +0.000; *б* – на рівні +1.650; *в* – на рівні +3.300; *г* – на рівні +4.150

Найменши зусилля виникають, коли стягель на рівні +3.300 з трьома шарнірами, що на 44.5 % менше за N , на 46.5 % менше за M_y та на 41.5 % менше за Q_z ніж максимально отриманих. Отже, стягель на рівні +3.300 в рамах з трьома шарнірами найменше впливає на напружено-деформований стан рами.

Встановлено, що при випробуванні рам з висотою стояков 5,1 м і 5,7 м характер їх роботи має особливості, які пов'язані з їх підвищеною деформативністю. При розрахунковому навантаженні для прольотів півригеля 10,5 м і 9 м вертикальні переміщення гребеневого вузла становлять 260–320 мм, а переміщення стояка по горизонталі в гребеневому вузлі 60–90мм. В результаті значних переміщень змінюється розрахункова схема рами і збільшуються діючі зусилля (M , N , Q), особливо згинальний момент, який зростає від 5 до 30 % по довжині ригеля і стояка.

Таким чином, переміщення рам із збільшеною висотою стояків впливає на несучу здатність конструкцій. Розрахунок таких рам потрібно проводити за деформованою схемою з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності елементів конструкцій.

В піврамі з економічним тавровим перерізом елементів ширину полиці призначають з урахуванням поперечної жорсткості рамного каркасу та можливості розташування арматурних стержнів (рис. 11). При цьому тавровий переріз ригелів і стояків армують двома плоскими каркасами, встановленими перпендикулярно один до одного, стінка таврового перерізу – мінімальної ширини (рис.11). Бетон – не нижче класу В30. Висоту таврового перерізу ригеля і стояка піврами передбачають змінною. Найбільш навантажені перерізи піврами (карнизний, гребеневий, опорні вузли) підсилюють і передбачують їх прямокутними (рис. 11).

Існуючі схеми армування карнизних вузлів у піврамах передбачають згин арматурних стержнів розтягнутої зони і перепуск арматурних стержнів стиснутої зони (рис. 12,а). Випробування показали, що конструкція рами зруйнувалася в карнизному вузлі внаслідок роздроблення бетону під розтягнутою арматурою і наступним проковзуванням (порушення зчеплення) в зоні прямої ділянки. Розтягуючі зусилля передаються на бетон, що є чинником великого розкриття тріщин.

Аналіз напружено-деформованого стану рами показав, що у вузлі спряження ригеля зі стояком сумісно діють максимальний згинаючий момент, поздовжня і поперечна сили, а сам вузол працює як позацентрово стиснутий елемент з великим ексцентриситетом. Міцність вузла характеризується досягненням розрахункового опору розтягнутої арматури. Виходячи з цього, в зоні перегину арматурних стержнів зусилля розтягу в арматурі досягають великих значень, рівнодіючу яких сприймає бетон. Бетон під арматурним стержнем працює в умовах складного напруженого стану (рис. 12,а).

Розроблено та досліджено спосіб виготовлення арматурних каркасів непрямокутних залізобетонних конструкцій піврам за а.с. № 681168. Для утворення арматурних каркасів спочатку виготовляють поздовжні та поперечні арматурні стержні, які збирають в прямокутні секції 1 і 2, а потім з'єднують між собою за допомогою електрозварювання закладної деталі 3 (рис. 12,б).

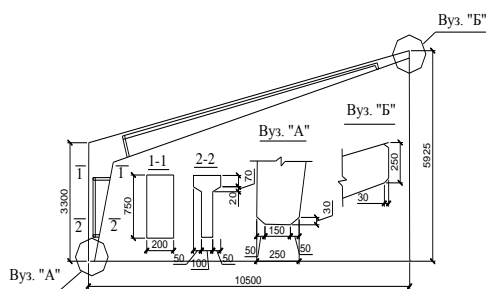


Рис. 11. Суцільна піврама таврового перерізу

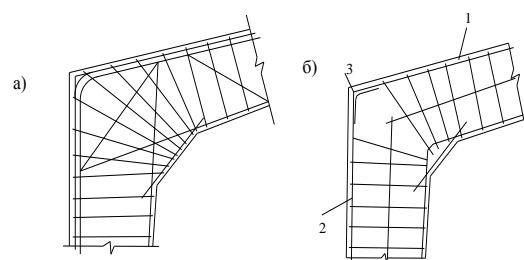


Рис. 12. Армування вузла з'єднання ригеля зі стояком:

- а – гнутими арматурними стержнями;
- б – за допомогою гнутої закладної деталі;
- 1, 2 – арматурний каркас; 3 – гнута закладна деталь

Гнута сталева пластина 3 передає навантаження на бетон рівномірно по всій поверхні, не викликаючи концентрації напружень, при цьому виключається необхідність встановлення конструктивної арматури, що ускладнює армування вузла (рис. 12,б). Вказаний спосіб армування використаний при розробці конструкції

суцільних піврам РЖ таврового перерізу прольотом 21м. Результати випробування показали, що карнизні вузли піврам з гнутою закладною деталлю досить надійні.

Роздільний спосіб армування вузла спряження ригеля зі стояком в суцільних піврамах був використаний в складених піврамах. Вузол спряження ригеля зі стояком піврами розрізаний таким чином, щоб гнута закладна деталь залишалася в тілі бетону ригеля (рис. 13). Розрізка елементів рами, виконана під кутом, що забезпечує зведення дотичних напружень, які виникають у місцях розрізки, до таких мінімальних значень, при яких не потрібно додаткових конструктивних заходів для їх сприйняття (рис. 13). Рішення вузла сполучення ригеля зі стояком без вута веде до подальшого спрощення ригеля і стояка (рис. 14).

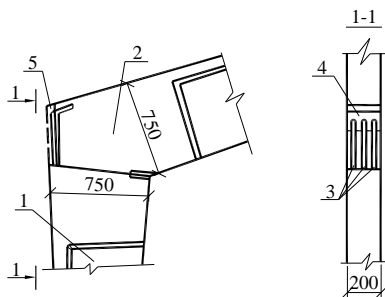


Рис. 13. Конструкція з'єднання ригеля зі стояком піврами:
1 – стояк; 2 – ригель; 3 – арматурні випуски;
4 – закладна деталь

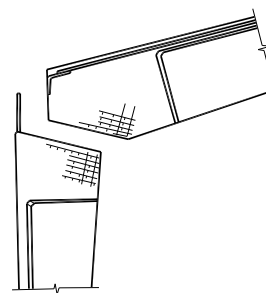


Рис. 14. Схема армування елементів складеної піврами в зоні їх з'єднання з сітками підсилення

Таким чином, розрізка у вузлі сполучення ригеля зі стояком, зроблена з метою спрощення технології виготовлення і транспортування складених елементів, призвела до додаткової операції з укрупнювального складання. Разом з тим в Україні застосовують обидва типи залізобетонних піврам – суцільні і складені, які мають свої переваги і недоліки.

Проведено вибір і обґрунтування складеної і суцільної піврам, класу бетону, форми перерізів ригелів і стояків піврам таврового перерізу, спрощеного армування піврам з урахуванням виготовлення їх у касетних формах.

Для того, щоб уникнути руйнування вузла сполучення ригеля зі стояком, останній повинний мати розміри гнутої закладної деталі, що задовольняють умові:

$$R_b A_q > R_s A_s \cos \alpha/2, \quad (12)$$

де A_q – площа проекції закладної деталі на площину, що проходить через її кінці; R_b – розрахунковий опір бетону; R_s – розрахунковий опір арматури, привареної до гнутої закладної деталі; A_s – площа поперечного перерізу всіх стержнів, приварених до гнутої закладної деталі; α – кут згину гнутої закладної деталі.

Розроблені та досліджені **нові конструкції карнизного вузла рами**:

1. Ригелі і стояки, з'єднані в карнизному вузлі з уступом сухим стиком і об'єднані в розтягнутій зоні накладкою, яка приварена до арматурних стержнів, а в стиснутій – зварюванням закладних деталей (а.с. № 1028811) (рис. 15). При цьому досягають мінімальної металомісткості.

2. Вузол спряження ригеля зі стояком вирішений сухим стиком без вута, за допомогою арматурних випусків стояка у вигляді пучка високоміцного дроту, який проходить у виїмці ригеля по зовнішньому контурі, що працює на розтяг, і

закладних деталей, які передають стискаючі зусилля по внутрішньому контуру (а.с. № 815182) (рис. 16).

3. Укрупнювальне складання ригеля зі стояком здійснюють за допомогою беззварного стику, шляхом зчеплення між собою шипів, приварених до арматурних стержнів ригеля і стояка таким чином, що зусилля з одного елемента на інший передаються через торці шипів. Надійність беззварного з'єднання забезпечується за допомогою накладки і болтів (рис. 17). У стиснутій зоні карнизного вузла стик утворюють за допомогою зварювання закладних деталей ригеля і стояка та прокладки між ними. При цьому досягається зниження трудомісткості зварювальних робіт.

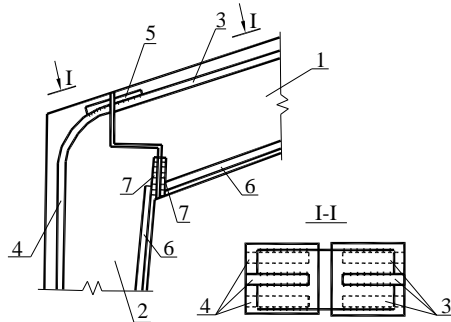


Рис. 15. Вузол з'єднання ригеля зі стояком піврами:

1 – ригель; 2 – стояк; 3, 4 – арматура розтягнутої зони; 5 – металева накладка; 6 – арматура стиснутої зони; 7 – закладні деталі

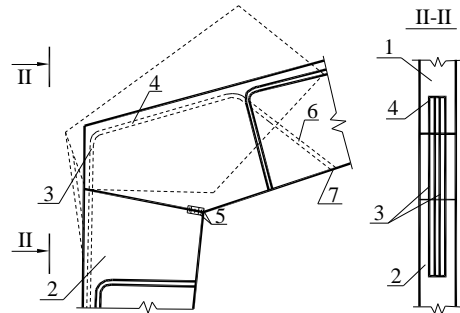


Рис. 16. Вузол з'єднання ригеля зі стояком:

1 – ригель; 2 – стояк; 3 – арматурні випуски стояка; 4 – виїмка по зовнішньому контуру; 5 – закладні деталі; 6 – отвір ригеля; 7 – анкер

Розроблено новий спосіб виготовлення арматурних каркасів рамних залізобетонних конструкцій за а.с. № 1813860. Поперечне армування арматурних каркасів ригелів і стояків рами виконано у вигляді плоскої спіралі (рис.18).

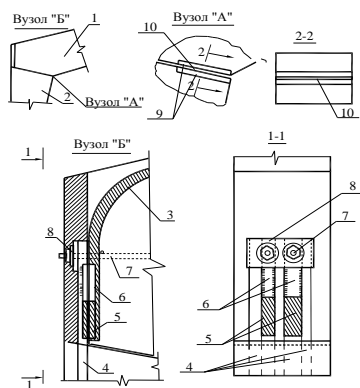


Рис. 17. Беззварний вузол з'єднання ригеля зі стояком:

1 – ригель; 2 – стояк; 3 – робоча арматура ригеля; 4 – робоча арматура стояка; 5, 6 – шипи; 7 – два болта з гайкою та шайбою; 8 – накладка; 9 – закладні деталі; 10 – прокладка

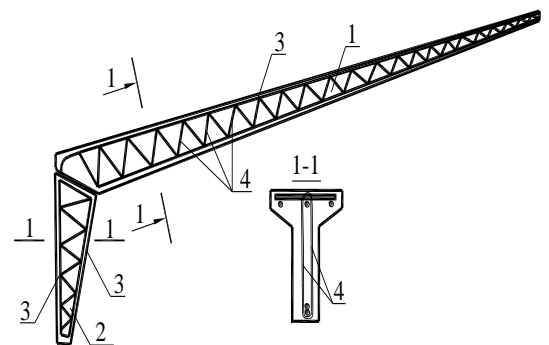


Рис. 18. Армування складеної піврами:

1 – ригель; 2 – стояк; 3 – продольні робочі арматурні стержні; 4 – плоска спіраль

Після навивання необхідних розмірів плоску спіраль натягають на каркас ригеля і стояка і фіксують в окремих місцях в'язальним дротом. За такого способу

виготовлення арматурних каркасів знижується трудомісткість, виключається електрозварювання, підвищується жорсткість і тріщиностійкість ригелів і стояків.

Створені та досліджені **нові конструкції гребеневого вузла рами**:

1. Ригелі рам у гребеновому вузлі спряжені з ексцентриситетом за допомогою прокладок, що центрують, для сприйняття поздовжніх зусиль, а шарнірне з'єднання утворюють за допомогою труб, об'єднаних стержнем (а.с. № 1028811) (рис. 19).

2. Спряження двох торців ригелів піврам виконують за допомогою трьох гнутих елементів – півтруб і відрізка стержня, установлюваного між трьома елементами півтруб (рис. 20).

Розроблені робочі креслення і номенклатура 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків шириною 18 і 21 м з висотою стійки 3,3 м і 3,6 м під навантаження ригеля 7,5; 13,5; 16,0 кН/м (рис. 21). Піврами типу РЖ і РЖС є найбільш економічними за витратами бетону і сталі при найменшій масі. При розробленні номенклатури піврам враховані результати випробувань складених та суцільних рамних каркасів і досвід їх виготовлення.

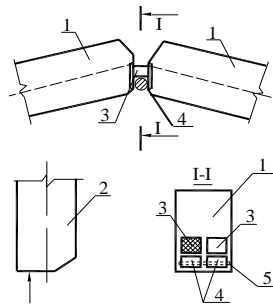


Рис. 19. Конструкція гребеневого шарніру:

1 – ригель; 2 – стояк; 3 – центруючі прокладки; 4 – відрізки труб; 5 – стержень

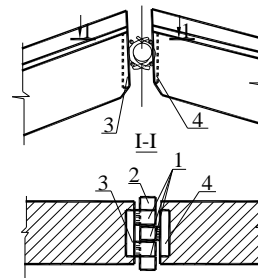


Рис. 20. Гребневий шарнір залізо-бетонної рами:

1 – півтруби; 2 – відрізок стержня; 3, 4 – торцеві закладні деталі

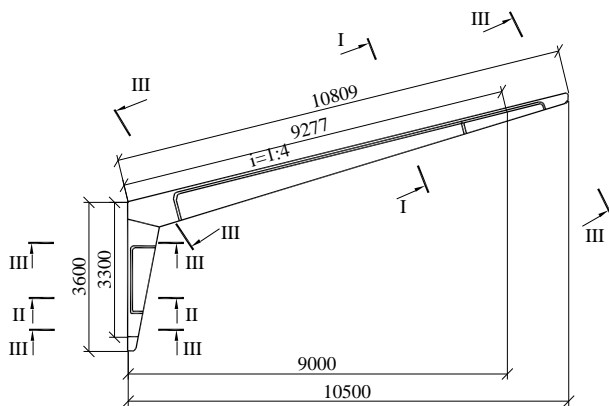
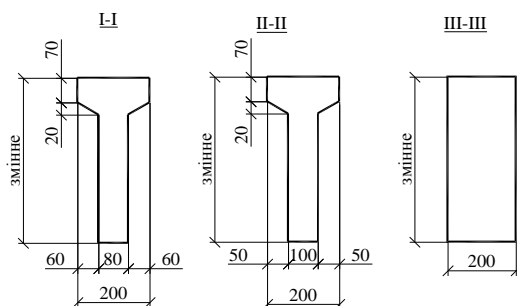


Рис. 21. Опалубні розміри піврам таврового перерізу



Розділ третій містить результати дослідження випробувань тришарнірних залізобетонних рам, зібраних із суцільних і складених піврам типу РЖ і РЖС, які проводили з метою визначення їх фактичної несучої здатності, стійкості, жорсткості, тріщиностійкості, характеру і місць руйнування, а також для порівняння результатів випробування з даними розрахунку. Результати випробувань дозволили оцінити правильність прийнятої методики розрахунку залізобетонних рам.

Розроблена нова методика та стенди випробування натурних тришарнірних залізобетонних рам прольотом 21 м, 18 м, 12 м за допомогою важілевої системи з навантаженнями штучними вантажами (рис. 22, 24); за допомогою підвішених до ригеля рами баків з водою (рис. 23, 25).

Найбільш вдалим в польових умовах є завантаження рами короткочасним тимчасовим навантаженням за допомогою важілевої системи на заводах ЗБК. Ригелі залізобетонних рам розкріплювали на рівні покриття металевими розпірками з кутиків через 1,5 м і 3 м. Завантаження ригеля рам проводили вісьма зосередженими силами, по 4 на кожному півпрольоті. Важільна система із навантаження складалася із сталевих тяг, до яких одним кінцем підвішували металеві балки, а другий їх кінець укладали на металеві опори, розташовані на підставках з бетонних фундаментних блоків. Як вантажі використовували попередньо зважені залізобетонні перемички або фундаментні блоки (рис. 22, 24).

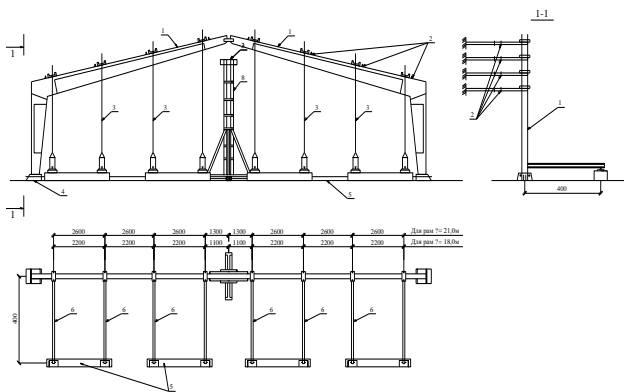


Рис. 22. Схема стенду для дослідження рамних каркасів:

1 – рамний каркас; 2 – зв’язки із кутиків;
3 – підвіски Ф25А1; 4 – опорний башмак;
5 – стяглі Ф36А1; 6 – опорні балки;
7 – опорні бетонні блоки; 8 – монтажна вишка

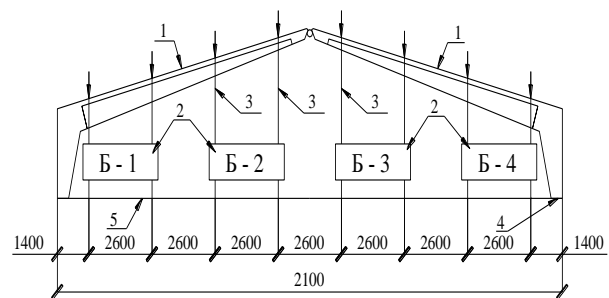


Рис. 23. Схема стенду для досліджень рамних каркасів:

1 – рамний каркас; 2 – ємкість (баки) для води; 3 – підвіски Ф25 АІІ; 4 – опірний башмак; 5 – металевий стягелъ



Рис. 24. Випробування рами завантаженням штучними вантажами

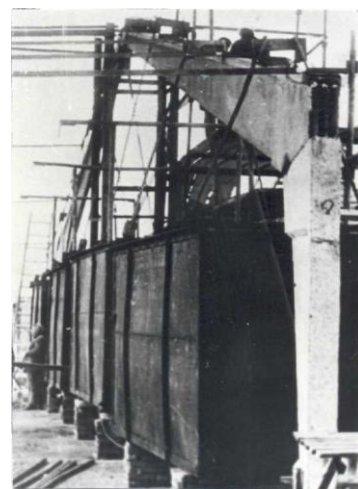


Рис. 25. Випробування рами завантаженням баками з водою

Нижче розглянуто результати випробувань 42 тришарнірних залізобетонних рам, які проводили у 13 лабораторіях заводів ЗБК та ЗБВ України.

Відповідно з ДСТУ рамну конструкцію для випробування завантажували ступенями, що не перевищує 20 % нормативного навантаження. При нормативному навантаженні випробування триває – 1-2 години.

Основними є ступені навантаження, які відповідають величині власної ваги ригеля 1,5 кН/м; імітують власну вагу покриття; відповідають нормативному навантаженню на одному півпрольоті рами; відповідають нормативному навантаженню на всьому прольоті рами; відповідають розрахунковому навантаженню на раму; відповідають величині руйнуючого навантаження на раму.

За результатами проведених експериментально-теоретичних досліджень 42-х тришарнірних залізобетонних рам визначена їх фактична несуча здатність, стійкість, жорсткість і тріщиностійкість, а також відповідність якості виготовлення піврам вимогам проекту і діючим нормативним документам.

При випробуванні тришарнірних залізобетонних рам (рис. 22, 24) реалізували різні схеми завантаження: по чотири зусилля на півпрольоті рами (20 рам); по вісім зусиль на півпрольоті рами (8 рам); по п'ять зусиль на півраму (12 рам), по два зусилля (стягування) (2 рами). Передача зовнішнього навантаження у вигляді зосереджених сил здійснювали в місцях опирання плит покриття. При симетричному навантаженні розрахункові значення досягають зусиль в зоні карнизного вузла. При несиметричному – поблизу гребеневого вузла в зоні позитивного моменту. Для наближення зусиль в конструкції піврам при випробуваннях до експлуатаційних значень (нормативні, розрахункові) при натурному випробуванні реалізували огинаючі епюри зовнішніх зусиль в найбільш небезпечних перерізах піврам.

Руйнування рамних конструкцій відбувалося в ригелі (21 рама), стояку (12рам) поблизу карнизного вузла, в ригелі в зоні позитивного моменту (6рам), в карнизному вузлі (3 рами) з досягненням або текучості сталі в розтягнутій арматурі в нормальному перерізі до початку роздроблення стиснутої зони, або роздроблення бетону стиснутої зони в нормальному перерізі до початку текучості сталі, або розрив поздовжньої розтягнутої арматури (рис. 26, 27). Різні схеми завантаження рам не впливають на результатів їх випробування.

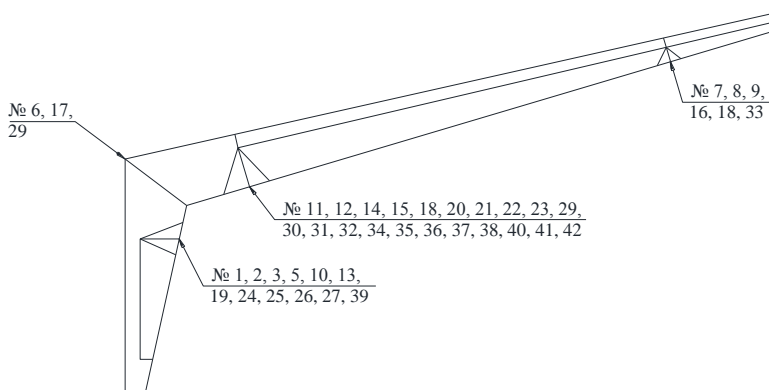


Рис. 26. Узагальнена схема місць руйнування 42-х піврам

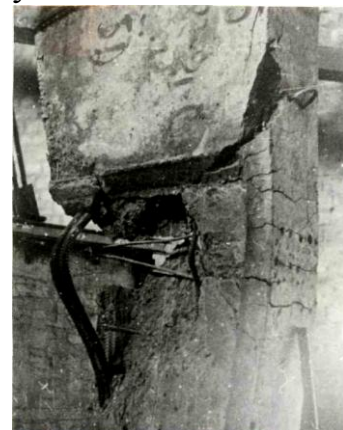


Рис. 27. Тавровий стояк піврами після випробувань

Випробування рам **за міцністю** показало (рис. 28), що 34 рами відповідають ДСТУ: за текучістю арматури ($c > 1,25$) – 26 рам; за роздробленням бетону стиснутої зони ($c > 1,6$) – 8 рам. Вісім рам не відповідають вимогам норм за різних

чинників: передчасного руйнування карнизного вузла внаслідок зниженої міцності бетону; сколювання бетону в зоні гребеневого вузла; руйнування піврами поблизу гребеневого вузла за похилим перерізом; роздроблення бетону стиснутої зони у місці переходу прямокутного перерізу ригеля в тавровий (у вуті), крихкого характеру зі втратою стійкості поздовжньої стиснутої арматури в стінці ригеля; розриву робочої арматури ригеля в стику ригеля зі стояком.

Випробування рам за **жорсткістю (деформаціями)** показало (рис. 28), що 38 рам відповідають СНиП, відносні прогини гребеневого шарніра менше $1/300$ прольоту рам. Дві рами не в повній мірі відповідають вимогам норм, тому що відносні прогини складають $1/150; 1/178 > 1/300$ прольоту рам.

Випробування рам за **тріщиностійкістю** показало (рис. 28), що 20 рам відповідають ДСТУ, ширина розкриття яких менше нормуємих 0.15 мм. Одинадцять рам умовно відповідають вимогам норм. В відповідності до норм допускається перевищення контрольної ширини розкриття тріщин 0.15 мм на 50% , тобто до 0.225 мм. Тому тріщиностійкість цих рам на рівні розтягнутої арматури та у вуті можна вважати задовільною. Тринадцять рам не відповідають вимогам норм в карнизному вузлі (вуті), ширина розкриття яких складає від 0.3 до 0.5 мм. Причини розкиду даних за шириною розкриття тріщин проаналізовано в дисертації. Запропоновані рекомендації з покращення конструкцій піврам і технології виготовлення: встановлення додаткових поздовжніх стержнів по висоті перерізу ригеля і стояка рами, зменшення кроку поперечної арматури, встановлення поперечних сіток і стержнів в карнизному вузлі, що призвели до зменшення ширини розкриття тріщин до нормованих величин.

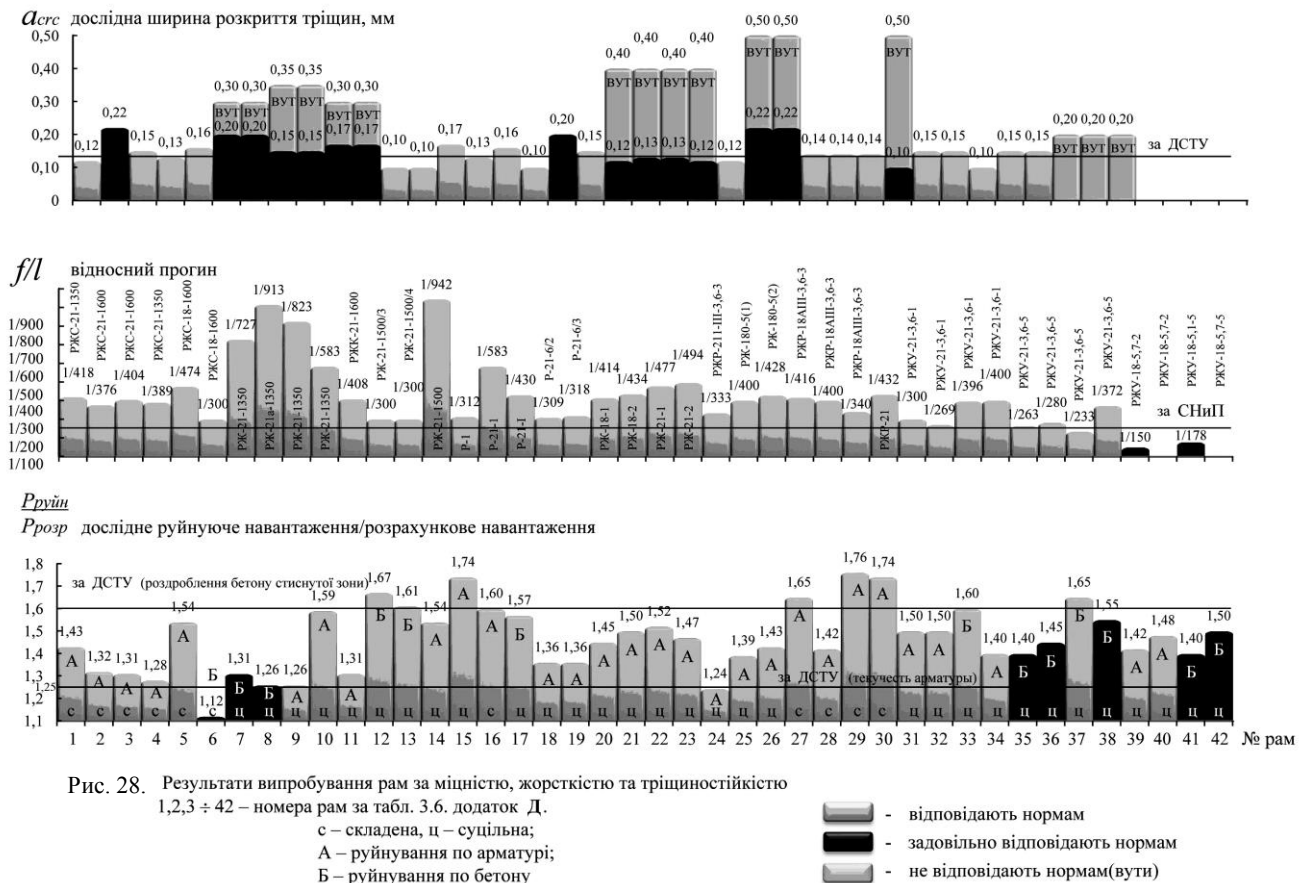


Рис. 28. Результати випробування рам за міцністю, жорсткістю та тріщиностійкістю
1,2,3 ÷ 42 – номери рам за табл. 3.6. додаток Д.

Таким чином, підтверджена доцільність методики розрахунку і принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлення піврам вимогам проекту і чинним нормам, що дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами до впровадження в будівництві.

Усього було отримано результати випробувань 42 рам, в тому числі 18 суцільних і 24 складених (рис. 29). В суцільних піврамах вузол спряження ригеля зі стояком (карнизний вузол) армується достатньо і доцільність розрахункового апарату визначається результатами випробування в основному суцільних піврам. Тому важливим є дослідження напруженого стану карнизного вузла складених рам та їх деформованість.

В складених рамах типу РЖС розрізання здійснювали в карнизному вузлі ближче до стояка, а в РЖУ – ближче до ригеля. В стиснутій зоні ригель і стояк об'єднуються за допомогою зварювання закладних деталей через центрову прокладку. В розтягнутій зоні – за допомогою зварювання випусків робочої арматури стояка в РЖС і ригеля в РЖУ до закладних деталей відповідно ригеля або стояка. Звідси в карнизному вузлі утворився сухий стик з штучною тріщиною, зусилля в якому в розтягнутій зоні сприймала робоча арматура, а в стиснутій – за допомогою закладних деталей ригеля і стояка. Бетон в роботі самого напруженого вузла спряження ригеля зі стояком рами не бере участі.

Зіставлення результатів випробування складених і суцільних піврам показало, що розрізка у вузлі спряження ригеля зі стояком не дає суттєвого впливу на міцність, жорсткість (деформованість) і тріщиностійкість піврам (рис. 29). При цьому слід зазначити, що значення ширини розкриття тріщин в карнизних вузлах складених піврам було дещо меншим, ніж в суцільних піврамах у зв'язку з наявністю однієї великої штучної тріщини в сухому стикі карнизного вузла складеної піврами.

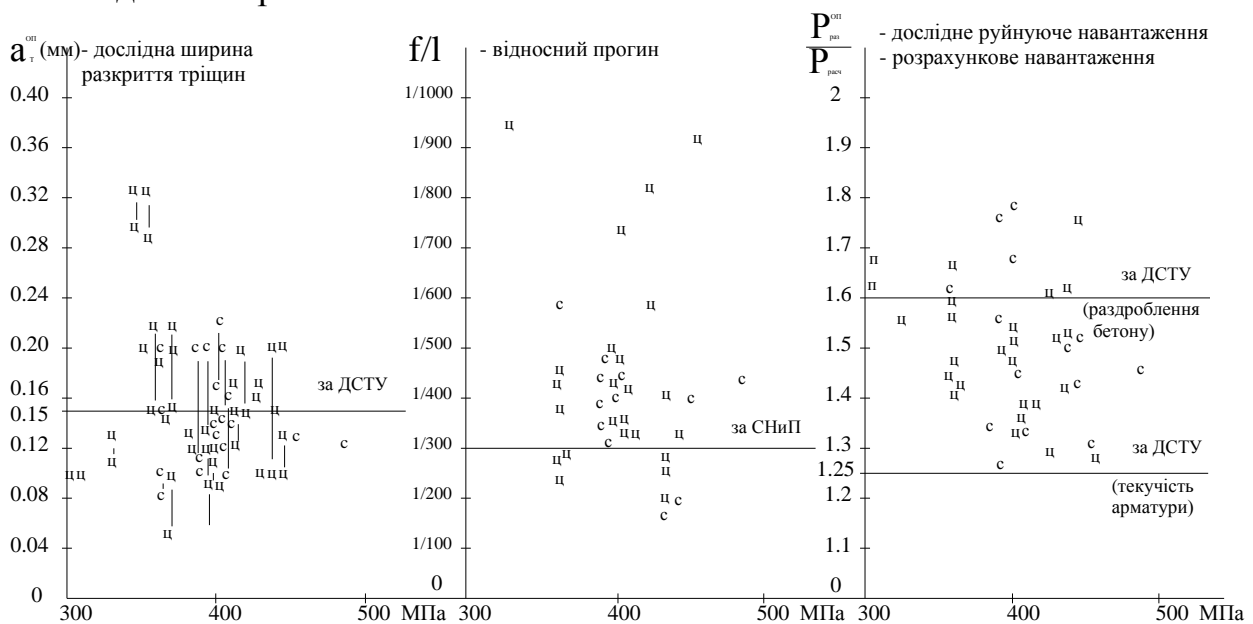


Рис. 29. Результати досліджень рам, які складаються із суцільних та складених піврам, за міцністю, жорсткістю і тріщиностійкістю в залежності від напруження в арматурі: Ц – суцільна піврама; С – складена піврама

Випробування 6 піврам (для рам прольотом 9, 12, 18 і 21 м) з висотою стояків 3,6; 4,2; 5,1 м показали, що втрата їх несучої здатності відбувалась внаслідок досягнення текучості сталі розтягнутої арматури саме в сухому стику спряження ригеля зі стояком. Звідси, характеристики міцності арматурної сталі визначають несучу здатність складених піврам ($c > 1,25$).

Аналіз впливу жорсткості карнизного вузла виконується зіставленням випробування суцільних і складених піврам. Як видно з рис. 29, переміщення гребеневого шарніру суцільних і складених піврам при нормативному навантаженні майже однакові. Отже, наявність сухого стику в вузлі спряження ригеля зі стояком не має суттєвого впливу на деформативність рам.

Розкріплення ригеля рами проводили кутниками на зварюванні по довжині через 1,5 м в 14 рамах, через 1,8 м в 2 рамах, через 3,0 м в 11 рамах, усього в 27 рамах. Втрати місцевої або загальної стійкості елементів рами не спостерігалось.

Четвертий розділ присвячений аналізу порівняння результатів теоретичних досліджень на ПК ЛІРА з даними експерименту.

У КНУБА проведено спеціальні дослідження з уточнення напружено-деформованого стану з'єднання ригеля зі стояком. Отримані експериментальні графіки напруження в арматурі сухого стику зі збільшенням навантаження, яке зіставлялось з теоретичним, обчисленим з рівняння моментів зовнішніх і внутрішніх сил відносно центра закладної деталі ригеля, розташованого в стиснутій зоні. Як видно з графіків (рис. 30), дослідні і розрахункові значення напруження в арматурі близькі між собою, що підтверджує правильність розрахункових положень.

Порівняння результатів руйнуючих зусиль у тришарнірних залізобетонних рамах з високими стояками 5,1 і 5,7 м, розрахованих за деформованою і недеформованою схемами, встановило, що руйнуюче зусилля, обчислене за недеформованою схемою, від 12 до 27 %, а за деформованою схемою лише на 6% більше дослідного. Отже, урахування деформованої схеми рамного каркасу при розрахунку його міцності, жорсткості і тріщиностійкості більш точно відображає його дійсний напружено-деформований стан. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1-5,7 м зростає деформативність рам, що дає суттєвий вплив на величину і розподілення зусиль в елементах рами. Підвищену деформованість ураховували при конструюванні гребеневого вузла, вузлів кріплення плит покриття, стінових панелей.

Методика визначення деформацій, рекомендована нормами, занижує переміщення рам. Отримані експериментальні дані про деформованість тришарнірних залізобетонних рам прольотом 12, 18 і 21 м з різними геометричними параметрами і рівнями експлуатаційного навантаження є основою для розробки ітераційного методу визначення зусиль в перерізах гнучких позacentрово стиснутих рамних конструкцій, а також алгоритму визначення деформованої схеми, враховуючи фізичну і геометричну нелінійність.

Утворення штучного ексцентриситету, тобто зміщення шарнірного з'єднання від центру гребеневого вузла униз на відстань ексцентриситету $e = 20-40$ мм, дає зменшення величини згинаючого моменту в ригелях рами до 26-27 %,

порівняно з конструкцією центрально стиснутого гребеневого вузла рами. Наявність ексцентриситету дозволяє мінімізувати виникаючі згинальні моменти у ригелях і стояках рам та зменшити зусилля від дії експлуатаційних навантажень, які виникають у вузлах стику ригеля зі стояком (рис. 31, 32).

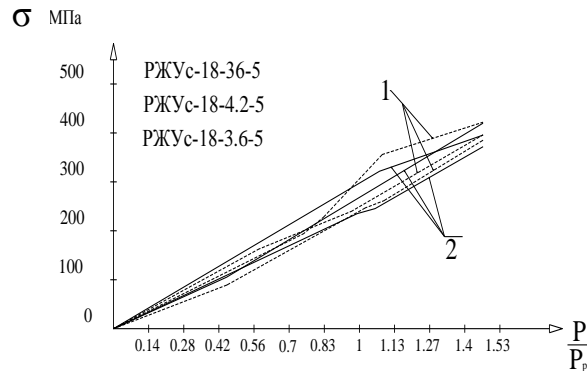


Рис. 30. Зміна напруження в арматурі ригеля піврам в зоні сухого стику із ростом навантаження: 1 – дослідні значення; 2 – розрахункові значення

Переріз торця ригеля

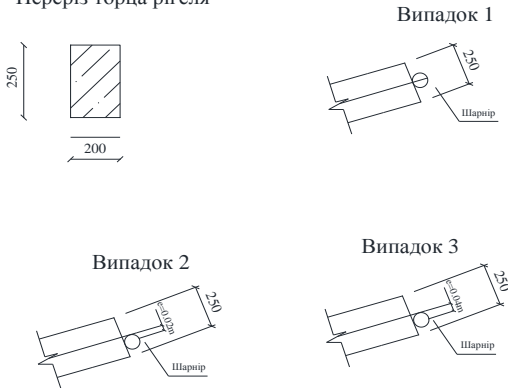


Рис. 31. Схема розташування шарніра в гребеновому вузлі: випадок 1 ($e=0$); випадок 2 ($e=0,02$ м) випадок 3 ($e=0,04$ м)

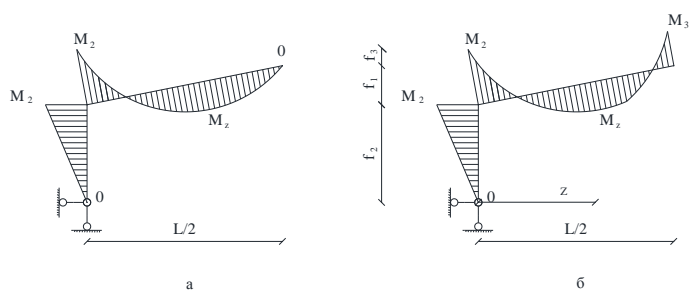


Рис. 32. Епюра моментів в пів-рамі при розташуванні шарніра в гребеновому вузлі: а – для випадку 1 ($e=0$); б – для випадку 2 ($e=0,02$ м); для випадку 3 ($e=0,04$ м)

Зі збільшенням значень прольоту з 12 до 36 м, висоти стояка з 3.3 до 6.0 м та нахилу ригелів з 0° до 45° зростають значення згинальних моментів M , та поперечних сил Q , як максимальних, так і мінімальних (рис. 33).

Отримані результати розрахунку 42 рам на ПК ЛІРА та співставлення їх з експериментальними даними показують, що розбіжності між експериментальними та розрахунковими даними за міцністю та деформаціями знаходяться у межах 10 % (рис. 34).

В результаті розрахунку просторового каркасу будівлі з тришарнірних залізобетонних рам на ПК ЛІРА отримали максимальні і мінімальні моменти M , нормальні сили N і поперечні сили Q , а також ізополі напружень по осях X , Y , Z при різних комбінаціях навантажень (рис. 35, 36, 37).

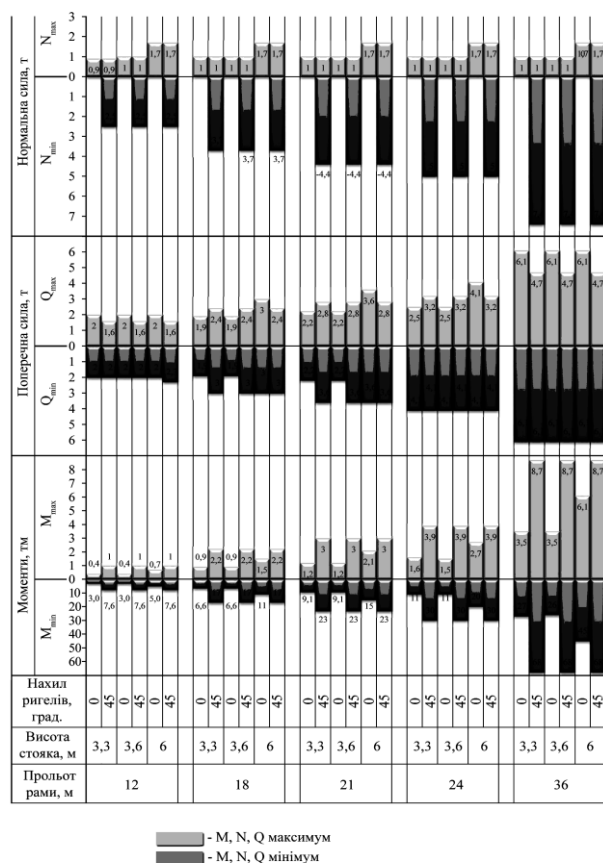


Рис. 33. Залежність значень M,N,Q від прольоту (12, 18, 21 м), висоти стояка (3,3; 3,6; 6,0 м), нахилу ригелів (від 0 до 45 градусів)

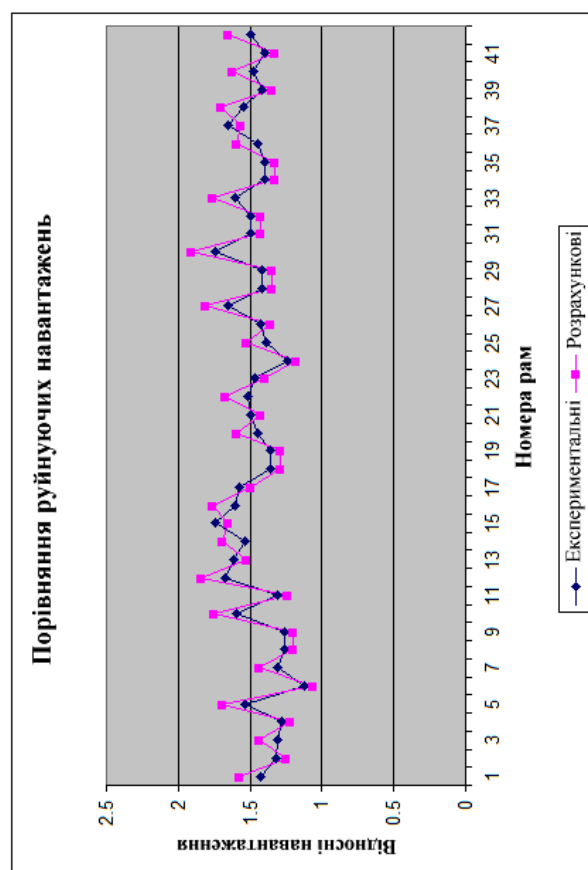


Рис. 34. Порівняння руйнуючих навантажень рам

Норми рекомендують виконувати статичний розрахунок рам за деформованою схемою з урахуванням непружних властивостей залізобетону.

Встановлено, що при сейсмічних впливах величини стискаючих і розтягуючих напружень досягають максимальних значень в панелях, розташованих по контурних поясах, що дозволяє для її сприйняття призначити спеціальні конструктивні заходи у вигляді обв'язуючих балок і спеціального конструювання карнизного вузла.

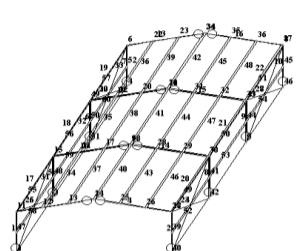


Рис. 35. Просторова розрахункова модель будинку. Каркас з рам і плит

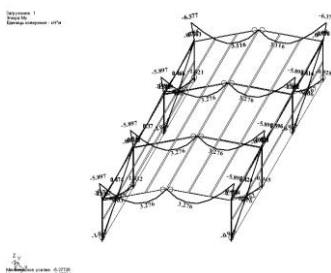


Рис. 36. Результати розрахунку: Епюра M_y . Навантаження 1. $M_{y \min} = -6,38 \text{ кНм}$, $M_{y \max} = 3,28 \text{ кНм}$

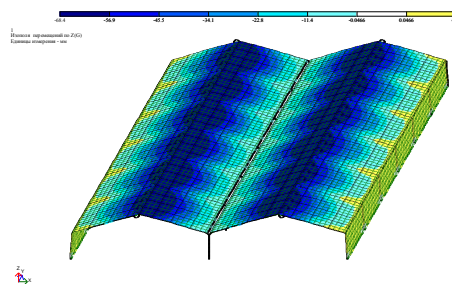


Рис. 37. Переміщення рамного каркасу відповідно до осі Z

Встановлено також, що при сейсмічних впливах величини зсувних зусиль між панелями і ригелями рам досягають максимальних значень в панелях, розташованих по гребеневій лінії покриття, що дозволяє для їх сприймання

призначати спеціальні конструктивні заходи (шпонки, сварка випусків арматури, обв'язка з арматурними каркасами).

Наведені пропозиції з конструювання рам при забезпеченні необхідної міцності та жорсткості в районах із сейсмічністю до 8 балів: спеціально розроблених Г-подібних піврам (наявність шпонок по верху ригеля для забезпечення передачі сейсмічних зусиль на просторову систему будівлі, спеціальне армування напруженого карнизного вузла, необхідності плавного переходу його прямокутного перерізу в тавровий тощо); спеціальних конструктивних заходів (утворення монолітних обв'язочних поясів по контуру покриття, улаштування спеціальних каркасів і стержнів між панелями, відсутність великої кількості зварних стиків в збірному покритті, виключення робіт із забезпечення захисту закладних деталей від корозії тощо).

П'ятий розділ містить досвід 15-ти розробок та застосування багатопрольотних та блокованих рамних каркасів. Застосований також принцип блокування однопрольотних каркасів із тришарнірних залізобетонних рам впритул або зі вставками. Будівництво одноповерхових багатопрольотних виробничих будівель з рамних конструкцій потребує удосконалення.

Аналіз розрахункових і конструктивних схем багатопрольотного рамного каркаса показав, що однієї з можливих ефективних схем є схема із шарнірним з'єднанням у гребенях і п'ятах крайніх стояків замикаючих піврам і середніх стояків із защемленням у фундаменті. Такій розрахунковій схемі відповідає багатопрольотний рамний каркас, що може складатися з двох піврам типу РЖС, розташованих у крайніх прольотах, середніх стояків індивідуальної розробки і проміжних ригелів за типом використовуваних у піврамах РЖС.

Проведені розрахунки 3-, 4- і 5- прольотних схем на дію рівномірно-розподіленого навантаження при завантаженні їх по всій довжині каркаса і по черзі на кожному з півпрольотів каркасів. Аналізуючи епюри зусиль 3-, 4- і 5- прольотних рамних каркасів, слід відзначити приблизно однакові їх значення. Так, наприклад, моменти в карнизному вузлі крайнього стояка коливається від 30,0 до 31,0 тм, а у вузлі сполучення двох ригелів і середнього стояка - від 25,3 до 28,0 тм.

Розроблено варіант вузла сполучення ригелів із середнім стояком за а.с. № 781287. Ригелі з'єднують зі стояком по типу піврам РЖС без зміни опалубних розмірів ригелів (рис. 38). З'єднання ригелів із середнім стояком здійснюються за допомогою зварювання закладних деталей ригелів з кінцем металевого двотавру № 10, заанкереного в залізобетонний стояк. Вузол з'єднання ригелів із середнім стояком залізобетонної рами містить у собі чільник (оголовок) стояка з виступом між кінцями опертих на нього ригелів, закладні деталі і сполучний елемент. З'єднання прямолінійних залізобетонних елементів виконують за допомогою зварювання закладних деталей ригелів і середнього стояка. Використання стикового з'єднання дозволяє зменшити матеріаломісткість середнього стояка за рахунок зменшення проміжку між стикованими ригелями, знизити вартість на 15 %, витрату бетону на 25 % і витрату стали на 5 %.

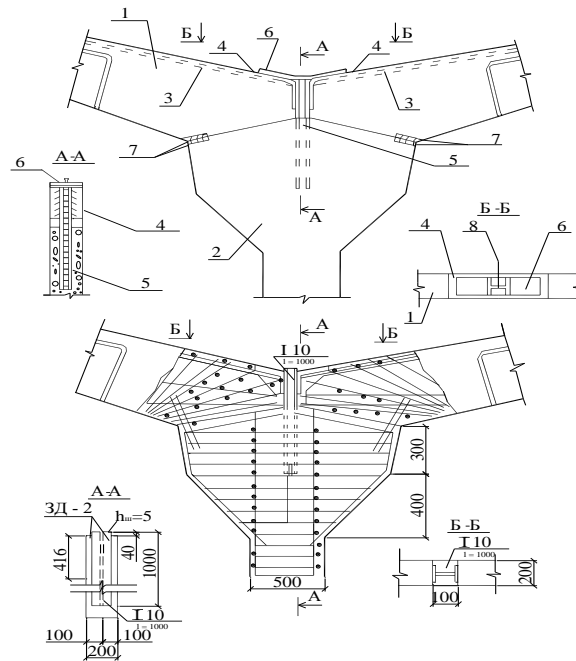


Рис. 38. Варіант конструкції вузла з'єднання ригелів з середнім стояком:
а – опалубні розміри; *б* – армування; 1 – ригель; 2 – середий стояк; 3 – розтягнута робоча арматура; 4 – гнута закладна деталь; 5 – двотавр

У зв'язку з тим, що багатопрольотний рамний каркас за своєю розрахунковою схемою є статично невизначеною конструкцією, система має здатність до перерозподілу зусиль. Тобто, якщо при пружному розрахунку зусилля в каркасі перевищує значення, при якому утворюється пластичний шарнір, то зусилля в рамі перерозподіляються на менше навантажені вузли.

Для зблокованих будівель запропоновані габаритні схеми багатопрольотного каркасу. Для цих схем використані будівлі прольотам 21 м, у яких відмітка низу ригеля або балки дорівнює 3,0 м, а для будівель прольотам 18 м – 3,0; 3,6; 4,8 і 6,0 м. Для однопрольотних будівель ця відмітка дорівнює відповідно 2,7; 3,0; 3,3; 3,6 і 4,8 м. Таким чином, номенклатура для одно- і багатопрольотних будинків містить два типорозміри ригелів і шість типорозмірів стояків.

Ефективним типом каркасів одноповерхової багатопрольотної будівлі є конструкція залізобетонного рамного каркасу зі складених прямолінійних елементів по типу РЖС. Теоретично підтверджена можливість використання армування ригелів і крайнього стояка піврам РЖС-21-1600 для багатопрольотного рамного каркасу. Оснащення піврам РЖС-21 і РЖС-18 можна застосовувати у будівництві багатопрольотних каркасних будівель із прольотами 18 і 21 м.

Аналіз результатів експериментально-теоретичних досліджень показує, що рами типу РЖС можна використовувати в блокованих рамних каркасах із вставкою. Спосіб використання вставки до карнизного вузла рами впливає на напружено-деформований стан і несучу здатність блокованого рамного каркасу. Шарнірно-нерухомий стан рам із вставкою знижує несучу здатність блокованого рамного каркасу на 13 %, а шарнірно рухомий не впливає на її несучу здатність у порівнянні з окремо плоскою рамою. Отже, необхідно забезпечити вільне опирання і переміщення одного з кінців вставки.

Розроблено також нові багатопрольотні конструктивні схеми і вузли каркасних будівель із тришарнірних залізобетонних рам на рівні винаходів (рис. 39, 40).

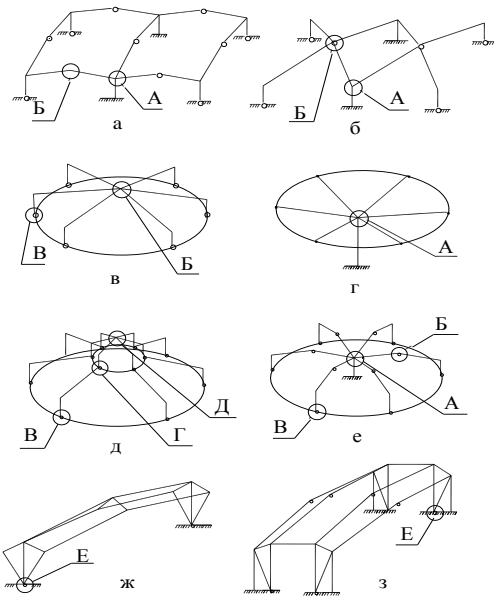


Рис. 39. Конструктивні схеми каркасів споруд із залізобетонних рам: а – блок-модуль з чотирьох рам; б – блок-модуль з двох рам; в – схема каркасу круглого в плані; г – схема каркасу круглого в плані з єдиним стояком; д – схема каркасу круглого в плані типу башта; е – схема каркасу круглого в плані з центральним стояком; ж – схема каркасу з трьох рам; з – схема каркасу з чотирьох рам; А, Б, В, Г, Д, Е – вузли з'єднань елементів каркасу

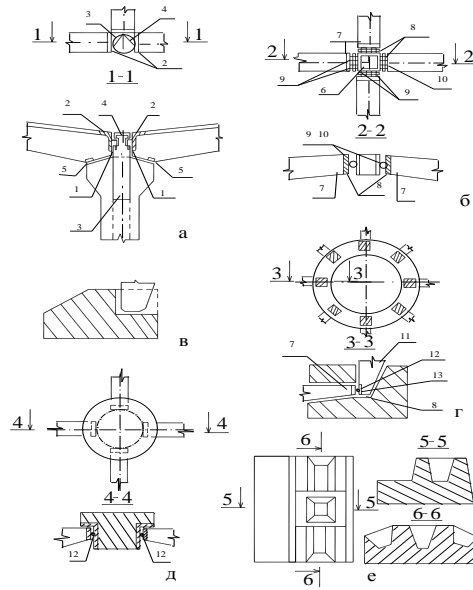


Рис. 40. Вузли з'єднань елементів каркасу:

а – з'єднання ригелів з стояком; б – з'єднання ригелів між собою; в – з'єднання стояка з фундаментом; г – з'єднання ригеля зі стояком; д – з'єднання ригелів в гребеневому вузлі; е – з'єднання трьох стояків з фундаментом; 1 – відрізки труб малого діаметра; 2 – гнута закладна деталь ригеля; 3 – отвір металевий труби; 4 – П-подібний стержень; 5 – закладна деталь у вигляді швелера; 6 – залізобетонний куб; 7 – торець ригеля; 8 – закладна деталь; 9, 10 – відрізки труб; 11 – п'ята стояка; 12 – відрізок стержня малого діаметра; 13 – закладна деталь стояка піврами

Перспективним типом залізобетонного каркасу багатопрольотної будівлі є рамний каркас, що складається з лінійних елементів з безварними з'єднаннями у вузлових стижах, спіральним армуванням, попереднім напруженням арматури в ригелях і ефективному покритті на основі азбестоцементних полегшених плит.

У шостому розділі на основі узагальнення досвіду розробки і проектування покриття сільськогосподарських виробничих будинків встановлено чотири ефективних типи покриття: покриття з залізобетонними плитами; покриття з полегшеними плитами на дерев'яному каркасі і азбестоцементними листами; тепле покриття з прогонами; холодне покриття з прогонами.

Аналіз конструктивних рішень 37 типів залізобетонних прогонів показує, що найменш матеріаломісткими і найбільш економічними є конструкції таврових залізобетонних прогонів ПЖТ, які охоплюють необхідний діапазон навантаження. Вони легші за масою та найменш матеріаломісткі за витратами бетону у порівнянні з іншими конструкціями прогонів за рахунок зменшення будівельної висоти її опірних частин, зменшення кубатури будинку та спрощення оснастки для виготовлення прогонів (рис. 41, 42).

В нижній частині стінки тавру та його полиці передбачені арматурні стержні однакового діаметру. За результатами розрахунку за деформаціями з урахуванням діючих навантажень визначений відносний прогин був значно менше допустимого за нормами ($f = 1/150l$). Розрахунок за розкриттям тріщин виявив, що вони менш за обмеженою нормами ($a_{\text{сгс}} = 0,15 \text{ мм}$). Детальний розрахунок прогонів за деформаціями та розкриттям тріщин, а також випробування показали, що прийнятий переріз та армування забезпечують їх надійну роботу в умовах експлуатації (рис. 41, 42).

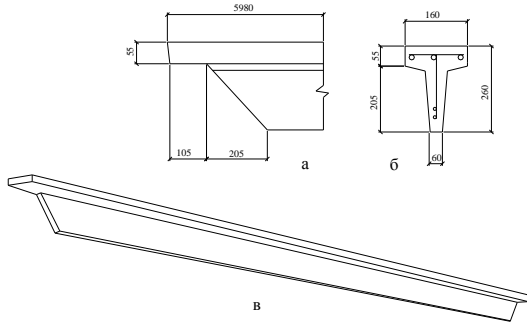


Рис. 41. Залізобетонний тавровий прогін ПЖТ: *а* – опорна частина з підрізкою; *б* – поперечний переріз; *в* – загальний вид



Рис. 42. Залізобетонні таврові прогони в процесі випробувань

Прогони довжиною 6,0 і 5,5 м під навантаження 2,5; 3,75; 5,0 і 6,0 кН/м пройшли усі стадії розробки, експериментально апробовані, затверджені Держбудом України, включені в каталоги і рекомендовані до використання у покриттях сільських будівель України.

Розроблена нова конструкція одношарової стінової панелі з керамічних каменів товщиною 380мм без вертикального армування (рис. 43, 44).

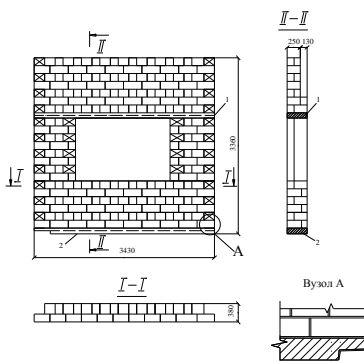


Рис. 43. Стінова панель із керамічних каменів без вертикального армування: *1* – залізобетонна перемичка; *2* – залізобетонна основа; *3* – закладна деталь

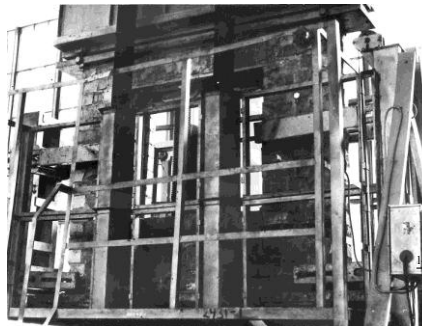


Рис. 44. Випробування стінової панелі із керамічних каменів

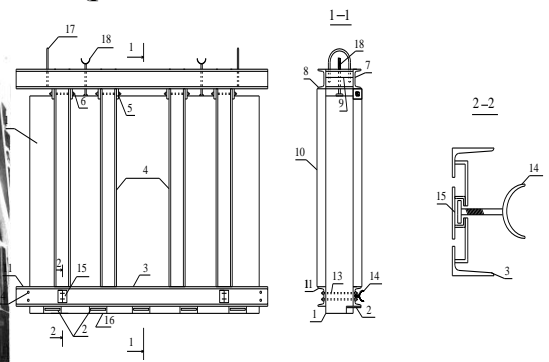


Рис. 45. Транспортно-монтажний контейнер для стінової панелі:
1 – стінова панель; *2* – лапки; *3* – обв'язка; *4, 5* – елементи; *6* – болт; *7, 8* – обв'язки; *9* – діафрагма; *10* – елемент; *11* – обв'язка; *12* – прорізь; *13* – болт; *14* – виштовхувач; *15* – шайба; *16* – елемент лапки; *17* – петля; *18* – болт; *19* – заглиблення

Транспортування і монтаж здійснюють за допомогою спеціального контейнера за а.с. № 854813 (рис. 45). Дослідні зразки стінової панелі успішно пройшли експериментальну перевірку в НДІБК. Техніко-економічну ефективність

досягають за рахунок мінімальної металомісткості, можливості виготовлення з використанням автоматичних ліній.

Різноманітність ґрунтових умов, різні можливості виробничих баз будівельних організацій обумовлюють необхідність розробки і використання різних типів фундаментів.

При будівництві каркасних будинків з тришарнірних залізобетонних рам можуть бути рекомендовані такі найбільш ефективні та найменш матеріаломісткі конструкції залізобетонних фундаментів: з похилою підшоною; буронабивна паля з ущільненням ядра; асиметричний фундамент у витрамбовуваному котловані з похилою або ступінчастою підшоною; клиновидна паля з консоллю; забивної блок ЗБР; блок – паля змінного таврового перерізу (з консолями); пальовий фундамент зі збірним ростверком з коротких елементів за а.с. № 1232745; паля з вертикальних елементів, об'єднаних діафрагмами СВД (рис. 46, 47, 48).

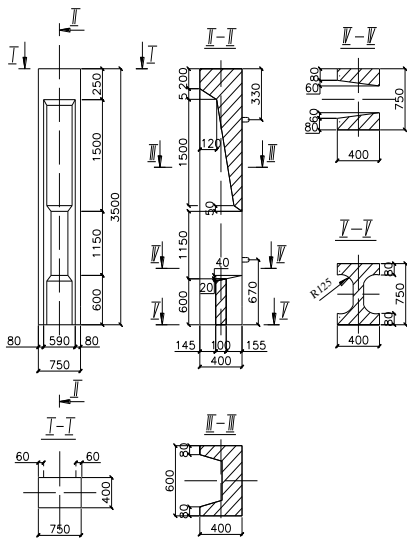


Рис. 46. Паля із вертикальних елементів, об'єднаних діафрагмами СВД



Рис. 47. Паля СВД в процесі забивання

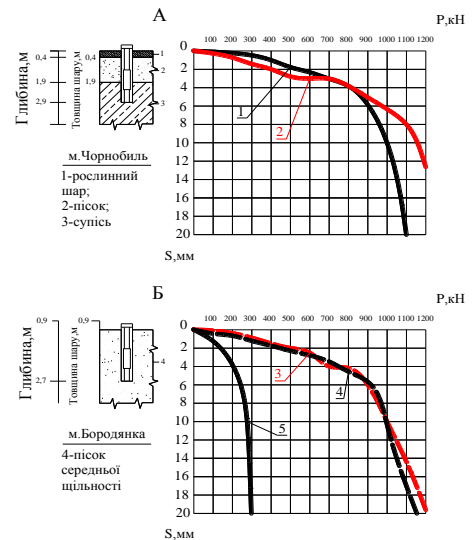


Рис. 48. Графік залежності просідання паль від навантаження: 1, 2, 3, 4 – палі СВД; 5 – звичайні палі

Використання ефективних паль СВД дозволяє зменшити вартість фундаменту за рахунок зниження на 40–50 % витрат бетону і сталі та зниження в 2–3 рази трудомісткості зведення фундаменту.

ВИСНОВКИ

В дисертації вирішена актуальна науково-технічна проблема щодо вдосконалення розрахунку та конструювання ефективних залізобетонних рамних каркасів маломатеріаломістких будівель з використанням таврових елементів змінного перерізу.

1. Удосконалено методику розрахунку ефективних залізобетонних рамних каркасів прольотом 18 і 21 м за міцністю, стійкістю, жорсткістю та тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми, геометричної та фізичної нелінійності за програмним комплексом ЛІРА. Виявлено найбільш економічну таврову форму перерізу ригелів і стояків піврам, спрощено армування піврам та їх вузлів з урахуванням виготовлення їх у касетних формах. Визначено ефективні геометричні розміри залізобетонних рам таврового змінного перерізу, запропоновано рекомендації щодо удосконалення конструкцій піврам і технології їх виготовлення, що дають можливість проектувати ефективні залізобетонні конструкції маломатеріаломістких будівель економічними за витратами бетону та сталі, за енерговитратами, технологічними у виготовленні. Розроблена нова методика з проектування економічних залізобетонних конструкцій змінного перерізу, що забезпечують найменшу вартість.

2. Розроблено новий спосіб виготовлення арматурного каркасу рам; нове обладнання для монтажу рамних каркасів; нове конструктивне рішення рами залізобетонного каркаса будівлі; нові стикові з'єднання ригеля зі стояком в карнизному вузлі; нове з'єднання ригелей в гребеневому вузлі, що підтверджено 17 а.с. на винахід, розробленою робочою документацією 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків прольотом 18 й 21 м із кроком 6м і висотою стояка 3,3 й 3,6 м під уніфіковані навантаження 7,5, 13,5, 16,0 кН/м ригеля з урахуванням різних варіантів покриття.

3. На основі аналізу статичних схем рамних каркасів будинків зроблено вибір й обґрунтування переваги варіанта тришарнірної рами у порівнянні з безшарнірною, одно і двошарнірною рамою. Показано, що на вибір розрахункового перерізу рами та значення згинального моменту впливають конструктивні рішення і розміри карнизного та гребеневого вузлів.

Проведено вибір й обґрунтування ефективності складеної й суцільної піврам, класу бетону, таврової форми перерізу ригелів і стояків піврам, спрощення армування піврам з урахуванням виготовлення їх у касетних формах. Армування вузла сполучення ригеля зі стояком суцільних і складених піврам значно спрощується при застосуванні роздільного способу армування з використанням гнутої закладної деталі за а.с. № 681168. Розрізання піврам у вузлі сполучення ригеля зі стояком зроблено з метою спрощення технології виготовлення й транспортування складених елементів, призводить до додаткової операції з укрупнювального складання. Разом з тим в Україні застосовують обидва типи залізобетонних піврам – суцільні й складені, які мають свої переваги й недоліки.

4. Результати проведених експериментально-теоретичних досліджень свідчать, що запропоновані конструкції тришарнірних залізобетонних рам РЖ і РЖС відповідають нормативним вимогам за міцністю, жорсткістю й тріщиностійкістю.

Зіставлення результатів розрахунку з експериментальними даними показало задовільну їхню збіжність з відхиленням до 10 % за міцністю, жорсткістю. Експериментальне дослідження рам показало надійність армування вузла сполучення ригеля зі стояком з використанням гнutoї закладної деталі. Випробування натурних рам показало, що карнизний вузол у складених піврамах з сухим зварним стиком не впливає на деформованість рам. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1-5,7 м зростає деформованість рам, що впливає на величину і розподіл зусиль в елементах рами.

Оцінена достовірність методики розрахунку і принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлених піврам вимогам проекту й діючих норм. Все це дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами РЖ і РЖС до впровадження в будівництво в Україні.

5. Встановлено, що найбільш економічним рішенням залізобетонного одноповерхового багатопрольотного каркасу будинку виробничого призначення є рамний каркас, що складається з лінійних елементів типу РЖС із беззварними з'єднаннями у вузлових стиках і ефективними покриттями на основі азбестоцементних полегшених плит. Теоретично підтверджена можливість використання армування ригелів і крайнього стояка піврам РЖС-21-1600 для багатопрольотного рамного каркасу з прольотами 18 і 21 м.

Аналіз результатів експериментально-теоретичних досліджень свідчить, що рами типу РЖС можна використати в блокованих рамних каркасах із вставкою. Спосіб кріплення вставки до карнизного вузла рам впливає на напружено-деформований стан і несучу здатність блокованого рамного каркасу. Шарнірно-нерухомий вузол рам із вставкою знижує несучу здатність блокованого рамного каркасу на 13 %, а шарнірно-рухомий не впливає на її несучу здатність у порівнянні з окремою рамою. Необхідно забезпечити вільне опирання і переміщення одного з кінців вставки.

6. Результати випробувань залізобетонних прогонів ПЖТ ефективного таврового перерізу відповідають нормативним вимогам. Прогони впроваджені в будівництві сільських виробничих будинків із кроком рам 6м з полегшеним покриттям із плит та азбестоцементних хвилястих листів.

Проведені дослідження дозволили встановити, що ефективними фундаментами для несучих каркасов із тришарнірних рам у ґрунтових умовах І типу за просадністю є: буронабивна похила паля з ущільненим ядром, асиметричний фундамент у витрамбованому котловані, клиноподібна паля з консоллю, забивний блок ЗБР, блок-паля змінного таврового перерізу СВД. Вибір найбільш економічних рішень фундаментів необхідно приймати з урахуванням виду, характеру і властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, рельєфу будівельного майданчика, стану виробничої бази, механоозбройності будівельної організації та інших факторів. При цьому перевагу варто віддавати пальовим фундаментам.

7. Проведений аналіз типових проектів сільських громадських будівель свідчить, що конструкція піврам з високими стояками для будівництва зальних приміщень клубів, будинків культури, кінотеатрів, спортивних залів у сільській місцевості повинні бути представлені порівняно невеликою кількістю

типорозмірів. Існуюча в кожній групі залів різниця висот компенсується введення додаткового елементу фундаменту з високим ростверком.

Виконаний розрахунковий аналіз типових проектів будинків і споруд аеродромів сільгоспавіації свідчить, що залізобетонні рами для каркасів прольотом 12, 18 й 21 м можна застосовувати в 34 типових проектах будинків і споруд аеродромів сільгоспавіації. Досягається ефект з матеріалоемкості (цементу до 26 %, збірного залізобетону до 11 %, лісоматеріалів до 55 %, вартості до 10 % і трудовитратам до 16 %).

8. В останні роки залізобетонні рамні конструкції прольотом 18 і 21 м використанні в таких об'єктах. В 2008–2010 р.р. інститутами об'єднання «УкрНДІагропроект» розроблені проекти будівництва і реконструкції існуючих ферм для створення молочних товарних ферм, корівників, доїльно-молочних блоків, птахоферм і окремих пташників в Київській (с. Великий Крупіль), Полтавській (с. Штомпелівка), Рівненській (с. Береги), Дніпропетровській (с. Єкатеринівка), Харківській (с. Комунарське), Донецькій (с. Волноваха) областях. В 1990–2000 роках підприємством «УкрНДІпроцивільсільбуд» запроектовано та побудовано три громадських будівлі з зальними приміщеннями в Дніпропетровської, Житомирської та Київської областях (спортзал, басейн, кінотеатр). В 2011 році запроектовано та побудовано вісім будівель з виробничими приміщеннями в с. Шпитьки Київської області. В проектах інституту «Украеропроект» передбачені будівництво та реконструкція виробничих будинків (ангари ділової авіації, бази спецтранспорту, майстерні та склади різного призначення) в аеропортах «Львів», «Дніпропетровськ» та «Одеса».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Першаков В. М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам. Монографія / Першаков В. М. – К.: Книжкове вид-во НАУ. – 2007. – 301 с.
2. Першаков В. Н. Архитектурные конструкции сельских гражданских зданий. Монография / [Першаков В. Н., Антонюк А. Е., Любченко И. Г., Хрущев О. И.] – К.: Будівельник. – 1984. – 128 с. (*Особистий внесок*: створення нових конструкцій фундаментів, стінових панелів, плит та прогонів покриття для рамних каркасів).
3. Попович Г. А. Рамные конструкции сельскохозяйственных производственных зданий. Монография / Попович Г. А., Першаков В. Н., Еськов В. С. – К.: Будівельник. – 1978. – 111 с. (*Особистий внесок*: створення нових конструкцій рам, проведення експерименту та аналіз отриманих результатів).
4. Першаков В. М. Експериментальні дослідження тришарнірних залізобетонних рам / Першаков В. М. – К.: Будівництво України. – 2011. – № 1. – С. 17–22.
5. Першаков В. М. Проектування рамних каркасів зальних приміщень сільських громадських будівель. Збірник наукових праць УкрНДІпроект-стальконструкція ім. В. М. Шимановського / Першаков В. М. – К.: Вид-во «Сталь». – 2010. – Вип. 6. – С. 83–98.

6. Pershakov V. M. Reinforced concrete frame constructions for industrial buildings. ISSN 1813-1166. / Pershakov V. M., Borovsky R. V., Gorbenko O. O. – K.: NAU, Proceeding. – 2009. – № 4. – P. 55–58.

7. Першаков В. Н. Анализ металлических конструкций рамных каркасов и направления их развития. Збірник наукових праць. УкрНДПроектстальконструкція ім. В. М. Шимановського / Першаков В. Н., Лоза И. П., Мисирук Т. А. – К.: «Сталь». – 2009. – Вип. 4. – С. 37–46.

8. Першаков В. Н. Ефективні конструкції одноповерхових дерев'яних рамних каркасів / Першаков В. Н., Романчук О. М. – К.: Вісник НАУ. – 2009. – № 3. – С. 156–159.

9. Pershakov V. M. Reinforced concrete and stone structures: Text-book. / V. M Pershakov. – K.: National Aviation University «NAU-druk», Publishing. – 2009. – 304 p.

10. Zhiv A. S. Investigation of precast prestressed shell. ISSN 1813-1166 / Zhiv A. S., Pershakov V. M., Bilyk A. O. – K.: NAU, Proceeding. – 2008. – № 2. – P. 99–102.

11. Першаков В. М. Методи зниження сейсмічних навантажень при реконструкції будівель (англ. мовою) / Першаков В. М., Гирич В. Ю., Гребенюк Е. В. – К.: Вісник НАУ. – 2006. – № 3. – С. 68–71.

12. Першаков В. М. Впровадження ефективних паль у фундаментобудівництві / В. М. Першаков, В. Б. Кашка. – К.: Вісник НАУ. – 2005. – № 3. – С. 156–159.

13. Першаков В. М. Дизайн зальних приміщень громадських будинків в рамних конструкціях / Першаков В. М. Полікультуротворча діяльність. Збірник наук.-практ. праць. Вип. 2. – К.: НАУ. – 2004. – С. 215–222.

14. Дослідження тришарнирних залізобетонних рам для виробничих і цивільних будинків. Матеріали V Міжнародної наук.-техн. конференції Авіа-2003. Том IV. Аеропорти та їх інфраструктура / Першаков В. Н., Горбатов В. С. – К.: НАУ. – 2003. – С. 42.62–42.65.

15. Pershakov V. M. Building constructions. Reinforced concrete structures. General course. Manual / Pershakov V. M., Tkachenko S. I. – K.: NAU. – 2003. – 260 p.

16. Першаков В. М. Будівельні конструкції. Залізобетонні конструкції. / Першаков В. М., Барашиков А. Я., Калишенко М. М. – К.: НАУ. – 2001. – 196 с.

17. А. с. 1813860 А1 СССР, М. Кл. Е 04 С 5/06. Способ изготовления арматурного каркаса / [В. Н. Першаков, В. С. Еськов, Е. П. Коловертнова (СССР) и Роберт Вайда (НУ)]. – № 4784531/33; заявл. 18.01.90; опубл. 07.05.93, Бюл. № 17. – 3 с.

18. А. с. 1707153 А1 СССР, М. Кл. Е 04 В 1/32, 1/38. Узловое соединение полурам / [В. Н. Першаков, М. Г. Вайнберг, А. В. Касьяненко, В. С. Еськов, И. В. Лошакова (СССР)]. – № 4745433/33; заявл. 19.06.89; опубл. 23.01.92, Бюл. № 3. – 2 с.

19. А. с. 1726682 А1 СССР, М. Кл. Е 04 В 1/36, F 04 Н 5/08 Коньковый узел железобетонной рамы / В. Н. Першаков, М. В. Гальченко, Е. В. Погребняк (СССР). – № 4752813/33; заявл. 19.07.89; опубл. 15.04.92, Бюл. № 14. – 2 с.

20. А. с. 1738979 А1 СССР, М. Кл. Е 04 G 21/26, 3/10. Устройство для монтажа рамных каркасов зданий из полурам / В. Н. Першаков, В. С. Еськов, Н. В. Борисенко (СССР). – № 4833284/33; заявл. 30.05.90; опубл. 07.06.92, Бюл. № 21. – 3 с.

21. А. с. 1661318 А1 СССР, М. Кл. Е 04В 1/58. Стыковое соединение железобетонной стойки с ригелями / [В. Н. Першаков, О. И. Хрущев, В. А. Семенюк, К. И. Гончарова, С. Н. Ефимова (СССР)]. – № 4418161/33; заявл. 29.04. 88; опубл. 07.07.91, Бюл. № 25. – 3 с.

22. Реконструкция каркасных зданий с помощью трехшарнирных железобетонных рам. Bugownictwo i Inzynierid srodowiska. Z.12.П Rzeszowsko-Lwowskie Seminarium Naukowo – Technicznept № 80 / Першаков В. Н., Домеловский И. Ф. – Polska: Rzeszow. – 1991. – 2 с.

23. Першаков В. Н. Новые каркасные здания из трехшарнирных железобетонных рам. / Zeszyty naukowe politechniki rzeszowskiej. Budownictwo i Inzynierid Srodowiska. Z.10. № R 63. – Polska: Rzeszow. – 1990. – С. 37–41.

24. Першаков В. Н. Здания и сооружения гражданской авиации с каркасом из трехшарнирных железобетонных рам. / Материалы Всесоюзной наук.-техн. конференции «Современные проблемы развития наземной базы ГА» – М.: Аэропроект. – 1989. – С. 228–231.

25. Першаков В. Н. Исследование каркасных зданий из трехшарнирных железобетонных рам. / В. Н. Першаков. Тезисы докладов респ. научн.-техн. конференции «Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформаций, и их внедрение в строительную практику». – Полтава. – 1989. – С. 128–129.

26. Першаков В. Н. Новые каркасные здания из трехшарнирных рам. Проектирование, строительство, эксплуатация и механизация аэропортов. Сб. научн. трудов / В. Н. Першаков, Ю. О. Хрущев. – К.: КИИГА. – 1989. – С. 84–88.

27. Першаков В. Н. Конструктивные решения большепролетных зданий и сооружений авиапредприятий ГА. / В. Н. Першаков, В. С. Горбатов. – К.: КИИГА. – 1987. – 100 с.

28. Пособие по проектированию гражданских аэродромов (в развитие СНиП 2.05.08-85). Часть VIII. Аэродромы для выполнения авиационно-химических работ в сельском хозяйстве / [Апестина В. П., Бабков А. Б., Березин В. И., Першаков В. Н. и др.]. – М.: ГПИ и НИИГА Аэропроект. – 1987. – 148 с.

29. Першаков В. Н. Здания и сооружения аэродромов сельхозавиации из промышленных конструкций сельскохозяйственных производственных зданий. Вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и механизации аэропортов. Сб. научн. тр. / Першаков В.Н. – К.: КИИГА. – 1986. – С. 42–47.

30. А. с. 1232745 А1 СССР, М. Кл. Е 02 D 27/12. Свайный фундамент / В. Н. Першаков, В. И. Репях, С. Н. Каратеев (СССР). – № 3798939/29–33; заявл. 09.10.84; опубл. 23.05.86, Бюл. № 19. – 2 с.

31. Эффективные ограждающие конструкции. «Строительные материалы и конструкции» / [Першаков В. Н., Манько А. В., Онищенко А. Г., Рохлин И. И.]. – К.: – 1984. – № 1. – С. 17–18.

32. Першаков В.Н. Полегшена паля / Першаков В. Н., Кашка Б.З., Онищенко А.Г. –К.: Сільське будівництво. – 1983. – № 5. – С. 15.

33. Першаков В. Н. Індустріальні огорожуючі конструкції / [Першаков В. Н., Манько А. В., Онищенко О. Г., Любченко І. Г.]. – К.: Сільське будівництво. – 1983. – № 10. – С. 17–18.

34. Першаков В. Н. Эффективная конструкция забивной сваи / Першаков В. Н., Слюсаренко С. Н., Метелюк Н. С. – К.: Строительные материалы и конструкции. – 1982. – № 2. – С. 23–24.

35. А. с. 1028811 А1 СССР, М. Кл. Е 04 С 3/44. Рама каркаса здания / [А. Е. Антонюк, В. Н. Першаков, А. Г. Онищенко, И. Г. Любченко (СССР)]. – № 2960944/29–33; заявл. 25.07.80; опубл. 15.07.83, Бюл. № 26. – 3 с.

36. А. с. 962512 СССР. М. Кл. Е 04 С 2/06. Панель сборной самонесущей кровли / В. И. Репях, А. Е. Антонюк, В. Н. Першаков (СССР). – № 2633206/29–33; заявл. 21.06.78; опубл. 30.09.82, Бюл. № 36. – 3 с.

37. А. с. 815182 СССР, М. Кл. Е 04 В 1/18. Рама каркаса здания / В. Н. Першаков, В. И. Репях (СССР). – № 2778534/29–33; заявл. 22.06.79; опубл. 23.03.81, Бюл. № 11. – 2 с.

38. А. с. 854813 СССР, М. Кл. В 65 D 85/46. Транспортно-монтажный контейнер для стеновой панели / В. И. Репях, В. Н. Першаков, Д. М. Абрамович (СССР). – № 2764442/27–11; заявл. 23.04.79; опубл. 15.08.81, Бюл. № 30. – 3 с.

39. А. с. 781287 СССР, М. Кл. Е 04 В 1/41. Стыковое соединение ригелей со стойкой железобетонной рамы / В. Н. Першаков, В. И. Репях (СССР). – № 2695988/29–33; заявл. 13.12.78; опубл. 23.11.80. Бюл. № 43. – 2 с.

40. Панели стеновые облегченные трехслойные. Технические условия ТУ550.2.67–80 / [Рохлин И. И., Першаков В. Н. и др.]. – К.: НИИСК Госстроя СССР. – 1980. – 13 с.

41. Рамные конструкции зальных помещений сельских общественных зданий / [Зенькович Г. В., Антонюк А. Е., Першаков В. Н. и др.]. Планировка, застройка и благоустройство сел Украинской ССР. Вып. 2. – К.: Будівельник. – 1979. – С. 60–63.

42. Першаков В. Н. Эффективные свайные фундаменты. Строительство и архитектура / В. Н. Першаков, В. С. Швыдкий. – К.: – 1979. – № 2. – С. 22–23.

43. Першаков В. Н. Влияние нелинейной ползучести бетона сжатой зоны на образование трещин в коротких сжатых керамзитобетонных колоннах. В сб.: Сопротивление материалов и теория сооружений. Вып. 35. / Першаков В. Н. – К.: Будівельник. – 1979. – С. 60–63.

44. А. с. №681168 СССР, М. Кл. Е 04 С 5/06. Способ изготовления арматурных каркасов непрямолинейных конструкций / [А. Е. Антонюк,

В. Н. Першаков, В. С. Еськов, Р. С. Рубах (СССР)]. № 2585691.29–33; заявл. 01.03.78; опубл. 25.08.79, Бюл. № 31. – 2 с.

45. Першаков В. М. Рамний каркас із залізобетонних лінійних елементів. /В. М. Першаков, В. С. Еськов. – К.: Сільське будівництво. – 1978. – № 6. – С. 12.

46. Першаков В. М. Залізобетонні таврові прогони / Першаков В. М. –К.: Сільське будівництво. – 1978. – № 12. – С. 12–13.

47. Першаков В. Н. Трехшарнирные железобетонные рамы в сельском строительстве УССР / В. Н. Першаков, В. С. Еськов. – М.: Бетон и железобетон. – 1977. – № 3. – С. 27–28.

48. Першаков В. Н. Образование трещин в сжатых армированных и неармированных керамзитобетонных коротких колоннах. В сб.: Строительные конструкции. Вып. XXIX / Першаков В. Н. – К.: Будівельник. – 1977. – С. 97–103.

49. Поляков Л. П. Трехшарнирная железобетонная рама РЖ–21–1600 для каркасов сельскохозяйственных производственных зданий. Реферат. информация о законченных НИР в вузах УССР. Вып.12 / Л. П. Поляков, В. Н. Першаков. – К.: Вища школа. – 1977. – С. 13.

50. Першаков В. Н. Трехшарнирные железобетонные рамы РЖ и РЖС в сельском строительстве / Першаков В. Н., Еськов В. С. – К.: УкрНИИТИ. – 1977. – № 77–0125. – 4 с.

51. Экспериментальное исследование трехшарнирной железобетонной составной рамы для каркасов сельскохозяйственных зданий в УССР. Сб. Строительные конструкции. Вып XXVII. / [Першаков В. Н., Пекус-Сахновский Д. Н., Еськов В. С., Шик И. Л., Попович Г. А., Петров А. Н.]. – К.: Будівельник. – 1976. –С. 105–110.

52. Першаков В. Н. Прогрессивные конструкции в сельском строительстве / Першаков В. Н. – К.: Будівельні матеріали і конструкції. – 1976. – № 3. – С. 44.

53. Першаков В. М. Ефективні піврами. / В. М. Першаков, Г. А. Попович. – К.: Сільське будівництво. – 1976. – № 7. – С. 14–15.

54. Першаков В. М. Впроваджуються суцільні піврами / Першаков В. М., Онищенко І. І., Черняк А. А. – К.: Сільське будівництво. – 1976. – № 12. – С. 13–14.

55. Попович Г. А. Методические рекомендации по применению рамных железобетонных каркасов сельскохозяйственных зданий / Попович Г. А., Першаков В. Н., Березко Г. И. – К.: Укрсельхозтехпроект. – 1976. – 44 с.

56. Першаков В. Н. Применение трехшарнирных рам в каркасах сельскохозяйственных производственных зданий / [Першаков В. Н., Кравченко В. А., Попович Г. А., Онищенко Н. Е.]. – М.: Бетон и железобетон. – 1975. – № 7. – С. 5–7.

57. Першаков В. Н. Несущая способность коротких керамзитобетонных колонн при сжатии / Першаков В. Н. –М.: Бетон и железобетон. – 1975. – № 10. – С. 36–37.

58. Попович Г. А. Залізобетонні рами РЖС–18–1600 / Попович Г. А., Першаков В. М., Еськов В. С. – К.: Сільське будівництво. – 1975. – № 11. – С. 21–22.

59. Попович Г. А. Ефективна тришарнирна рама / Попович Г. А., Першаков В. М., Еськов В. С. – К.:Сільське будівництво. – 1974. – № 11. – С. 11–13.

Додаток А. Проведений аналіз типових проектів сільських громадських будівель, який показує, що конструкції рам з високим стояком можна використовувати для будівництва приміщень залів клубів, будинків культури, кінотеатрів, спортивних залів і вони мають бути представлені невеликою кількістю типорозмірів. При прольоті 9 м висота стояка рами має складати 5,25 м (клуби на 150–200 місць, кінотеатри на 150–200 місць, спортзали); при прольоті 12; 15; 18 м – 6,35 м (клуби та будинки культури на 300; 400; 500 місць, кінотеатри на 200–300 місць, спортзали 12×24, 15×30, 18×30 м); при прольоті 18 та 21 м – 8,0 м (будинки культури на 600 та 700 місць і спортзали 18×30 м).

Різниця висот залів, яка є в кожній групі, компенсується введенням додаткового елементу – фундаменту з високим ростверком. Враховуючи невеликі об'єми будівництва громадських будинків з зальними приміщеннями встановлено, що створення спеціальних конструкцій рам з підвищеним стояком є недоцільним. Доцільно використовувати для зальних приміщень сільських громадських будинків конструкції уніфікованих залізобетонних рам прольотом 9, 12, 18, 21 м зі стояком, підвищеним до 5,7 м, розроблених к. інститутом Укрколгосппроєкт та КНУБА.

Додаток Б. Наведений аналіз типових проектів будинків і споруд аеродромів сільгоспавіації, який показує, що вони відрізняються за архітектурно-планувальними та конструктивними рішеннями. Є велика номенклатура типових проектів і конструкцій. Розроблено схеми індустріальних рамних каркасів, що рекомендують норми у сільському будівництві, які мають такі характеристики: прольоти 12, 18 і 21 м, висоти приміщень від 3,3 до 5,7 м, крок рам 6 м. Рамні конструкції більше застосовують при будівництві складських будинків мінеральних добрив, що входять до складу будинків і споруд аеродромів сільгоспавіації.

Встановлено, що тришарнірні залізобетонні рами для каркасів сільгосп-будівель прольотом 12, 18 і 21 м, можна застосовувати в 34 типових проектах будівель і споруд аеродромів сільгоспавіації. При цьому скорочується кількість типорозмірів несучих конструкцій будинків, ураховується технологія виробництва складів мінеральних добрив, досягається ефективність з матеріаломісткості: цементу – до 26 %, збірного залізобетону – до 11 %, лісоматеріалів – до 55 % і трудовитрат – до 16 %.

Додаток В. Розроблена нова методика з проектування економічних залізобетонних конструкцій, в якій обумовлені методи визначення перерізів елементів конструкцій, що забезпечують їх найменшу вартість. Методика розглядає питання, які пов'язані з економічним та ефективним використанням залізобетонних конструкцій сільськогосподарських, цивільних, промислових будівель та споруд.

Методика розрахована на виконання таких процедур: порівняння характеристик різних залізобетонних конструкцій; складання технічно-економічної характеристик залізобетонних конструкцій; визначення мінімальних розмірів залізобетонних елементів і конструкцій: плит, балок, стояків, плитних фундаментів під стояки, ребристих покриттів, залізобетонних каркасів тощо. На основі використання принципів можливо визначення ефективних розмірів будь-яких залізобетонних елементів і конструкцій. Проведені дослідження виконані з метою встановлення діапазону можливих обмежень геометричних розмірів рами і уточнюють область використання ефективних проектних рішень за одним із узагальнених критеріїв ефективності конструкції: витрат сталі на конструкцію, вартості конструкцій, вартості зведених витрат.

Великі таблиці усіх розділів надані у **Додатку Д** до дисертації, в **Додатку Е** приведено схема та фотографії об'єктів впровадження, в **Додатках Ж, З** – акти впровадження розроблених конструкцій в проектування (13 шт.), реконструкцію та будівництво (24 шт.).

АНОТАЦІЯ

Першаков В.М. Створення ефективних типів залізобетонних рам з несучими елементами змінного перерізу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. Київський національний університет будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Київ, 2012.

Метою дисертації є експериментально-теоретичне дослідження, узагальнення та розвиток теоретичних положень при вирішенні науково-технічної проблеми проектування, розрахунків залізобетонних рам змінного таврового перерізу каркасів маломатеріаломістких будівель. Викладені особливості методів розрахунку, конструювання та експериментального дослідження тришарнірних залізобетонних рам.

Обґрунтування розрахункових схем навантажень і удосконалювання методики розрахунку тришарнірних рам для каркасних будівель за міцністю, жорсткістю і тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми, геометричної і фізичної нелінійності, а також впливу прогинів ригелів і стояків під навантаженням проводили за програмним комплексом ЛІРА. Проведено вибір та обґрунтування ефективності складеної і суцільної піврам, класу бетону, форми перерізу ригелів і стояків піврам.

Розроблені та досліджені нові конструктивні рішення ефективних залізобетонних рам змінного перерізу та їх вузлів на рівні винаходів, удосконалений і впроваджений комплекс методик з експериментально – теоретичного дослідження, розрахунку міцності, стійкості, жорсткості та

тріщиностійкості, визначення ефективних розмірів рам таврового змінного перерізу, що дозволяє проектувати залізобетонні конструкції маломатеріаломістких будівель, знизити витрати бетону, металу та експлуатаційні витрати. Розроблено новий спосіб виготовлення рам з елементів таврового профілю змінного перерізу та їх монтажу за а.с. Проведені експериментальні дослідження і узагальнена методика розрахунків за міцністю, стійкістю, жорсткістю та тріщиностійкістю.

Отримані результати розрахунку 42 рам на ПК ЛПРА та співставлення їх з експериментальними даними показують, що розбіжності між експериментальними та розрахунковими даними за міцністю та деформаціям складає у межах 10%. Запропоновано рекомендації з поліпшення конструкцій піврам і технології їх виготовлення, що призводять до зменшення ширини розкриття тріщин.

Розроблено робочі креслення і номенклатура 24 марок суцільних і складених залізобетонних піврам РЖ і РЖС, для каркасних будинків сільськогосподарських споруд шириною 18 і 21 м з висотою стояка 3,3 й 3,6 м під уніфіковані розрахункові навантаження 7,5, 13,5, 16,0 кН/м з урахуванням різних варіантів покриття. Проведені експериментальні дослідження і удосконалена методика проектування нових багатопрольотних і блокованих рамних каркасів; проектування нових конструкцій покриття, стін і фундаментів каркасних будівель на рівні 17 винаходів.

Викладені особливості проектування рамних каркасів приміщень залів сільських громадських будівель та будівель і споруд аеродромів сільгоспавіації. Розроблено нова методика по проектуванню економічних залізобетонних конструкцій.

Ключеві слова: ефективні конструкції, залізобетонні рами, каркаси, стояки, ригелі, маломатеріаломісткість будівлі, міцність, стійкість, жорсткість, тріщиностійкість, тавровий змінний переріз.

АННОТАЦИЯ

Першаков В.Н. Создание эффективных типов железобетонных рам с несущими элементами переменного сечения. – На правах рукописи.

Дисертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. - Киевский национальный университет строительства и архитектуры Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Киев, 2012.

Цель диссертации – экспериментально-теоретические исследования, обобщение и развитие теоретических положений при решении научно-технической проблемы проектирования, расчетов железобетонных элементов рам таврового переменного сечения каркасов маломатериалоёмных зданий. Изложены особен-

ности методов расчета, конструирования и экспериментального исследования трехшарнирных железобетонных рам.

Обоснования расчетных схем нагрузок и уточнение методики расчета трехшарнирных рам для каркасных зданий по прочности, жесткости и трещиностойкости проводили с учетом деформированной схемы, геометрической и физической нелинейности, а также влияния прогибов ригелей и стоек под нагрузкой по программному комплексу ЛПРА. Проведен выбор и обоснования эффективности составной и цельной полурам, класса бетона, формы сечений ригелей и стоек полурам.

Разработаны и исследованы новые конструктивные решения эффективных железобетонных рам переменного сечения и их узлов на уровне изобретений, уточнено и внедрено комплекс методик по экспериментально – теоретическому исследованию, расчету прочности, устойчивости, жесткости и трещиностойкости, нахождения эффективных размеров рам таврового переменного сечения, что позволяет проектировать железобетонные конструкции маломатериалоёмных зданий, снизить расходи бетона, металла и эксплуатационные затраты.

Разработан новый способ изготовления элементов рам таврового переменного сечения и их монтаж по а.с. Проведены экспериментальные исследования и уточнена методика расчетов рам по прочности, устойчивости, жесткости и трещиностойкости.

Полученные результаты расчета 42 рам на ПК ЛПРА и сопоставление их с экспериментальными данными показывают, что разбежности между экспериментальными и расчетными данными по прочности и деформациям составляет в пределах 10 %. Предложены рекомендации по улучшению конструкций полурам и технологии их изготовления, что приводит к уменьшению ширины раскрытия трещин.

Разработаны рабочие чертежи и номенклатура 24 марок цельных и составных железобетонных полурам РЖ и РЖС для каркасных зданий шириной 18 и 21 м с высотой стойки 3,3 и 3,6 м под унифицированные расчетные нагрузки 7,5, 13,5, 16,0 кН/м с учетом разных вариантах покрытия.

Проведенны экспериментальные исследования и уточнена методика проектирования новых многопролетных и блокированных рамных каркасов; проектирование новых конструкций покрытий, стен и фундаментов каркасных зданий на уровне 17 изобретений.

Изложены особенности проектирования рамных каркасов помещений залов сельских общественных зданий и сооружений аэродромов сельхозавиации. Розработана методика по проектированию экономичных железобетонных конструкций.

Ключевые слова: эффективные конструкции, железобетонные рамы, каркасы, стойки, ригели, малоэнергоёмные здания, прочность, устойчивость, жесткость, трещиностойкость, тавровое переменное сечение.

ANNOTATION

Pershakov V.N. Creation effect type reinforced concrete frames with bearing elements of variable section. – On the right of Manuscript.

The thesis for the degree of Doctor of Engineering Sciences in specialty 05.23.01 - Civil Engineering, Buildings and Constructions. - Kyiv National University of Building and Architecture, Kyiv, 2012.

The purpose of the thesis is the experimental and theoretical research, generalization and development of theoretical provisions in the solution of scientific and technological problems of designing, calculation of reinforced concrete elements of I-shaped variable cross-section frames of low power-intensive buildings. Peculiarities of calculation methods, designing and experimental research of three-hinged reinforced concrete frames are provided.

It has been established that calculation of three-hinged reinforced concrete frames necessitates taking into account physical and geometrical nonlinearity of construction works as well as the impact of girders and bars deflections under loading. Grounding of loading design schemes and improvement of calculation procedure of three-hinged frames for skeleton buildings for durability, rigidity and crack stability given the deformed scheme, geometrical and physical nonlinearity should be performed using PC LIRA. The choice and grounding of effectiveness of built-up and whole half-frames, class of concrete, shape of girders and struts sections of half-frames have been also made.

New constructive solutions of effective reinforced concrete frames of variable section and their units have been developed as inventions. There have been improved and introduced a variety of techniques of experimental and theoretical research, calculation for durability, stability, rigidity and crack resistance as well as determining effective sizes of I-section frames, which allows for designing reinforced concrete structures of low power-intensive buildings, reducing concrete and metal consumption as well as operational costs.

A new technique of manufacturing I-section frames elements and their mounting according to copyright certificates has been developed. Experimental research has been carried out and technique of frames calculations for durability, stability, rigidity and crack resistance has been specified.

The obtained results of 42 frames calculation using PC LIRA and their comparison with experimental data show that discrepancy between experimental and calculated data on durability and deformation makes up about 10 %. Recommendations on the improvement of half-frame design and manufacturing technology, which lead to the reduction of cracks width, are given.

There have been developed working drawings and nomenclature of 24 grades of whole and built-up reinforced concrete half - frames PЖ and PЖC for skeleton buildings of 18 and 21m width premises height 3.3 and 3.6m under standardized loadings 7.5, 13.5, 16.0 kN/m taking into account different options of coverage.

Experimental research has been carried out and the technique of designing new multi-span and blocked frame skeletons; designing new constructions of coverage, walls and foundations of frame buildings developed as inventions has been improved.

The peculiarities of designing frame skeletons of hall premises of rural public buildings as well as buildings and constructions of agricultural aviation aerodromes are specified. The method of designing low power-intensive reinforced concrete constructions has been developed.

Key words: effective structures, reinforced concrete frames, skeletons, bars, girders, low power-intensive buildings, durability, stability, rigidity, crack resistance, I-section.

Підп. до друку 14.03.2012 .Формат 60×84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5.
Тираж 100 пр. Замовлення № 40-1

Видавець і виготовлювач
Національний авіаційний університет
03680. Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002